C. D. U. 532.533.001.57
624.152.632 : 627.82

ENSAIOS EM MODELO REDUZIDO DO GALGAMENTO DAS ENSECADEIRAS DE CABORA-BASSA

por LUSITANO MOREIRA MARTINS DOS SANTOS
Estagiário para Especialista do Serviço de Hidráulica do Laboratório Nacional de Engenharia Civil

RESUMO

As ensecadeiras da barragem de Cabora-Bassa são de enrocamento e poderão ser galgadas por caudais que poderão atingir 10 000 m^3/s.

No sentido de procurar a melhor localização, forma e protecção das ensecadeiras de modo a que os paramentos fiquem estáveis quando houver galgamento, realizaram-se ensaios num modelo reduzido à escala geométrica 1/75 explorado segundo a lei de Froude.

Os maciços de enrocamento das ensecadeiras foram reproduzidos por blocos naturais, e como protecção ensaiaram-se blocos naturais de grandes dimensões, blocos artificiais e gabiões.

Os ensaios realizados conduziram a uma alteração da ensecadeira de montante, e a obtenção duma protecção, que se considerou eficiente, de gabiões de 4×1,5×1,5 metros e porosidade conveniente.

SYNOPSIS

The cofferdams for the construction of the Cabora-Bassa dam are rock-fill mounds that can be overtopped by discharges up to 10 000 m^3/s.

With a view to studying the best location, shape and protection for the cofferdams so as to obtain slopes that remain stable when overtopped, a model to a geometric scale of 1/75 obeying Froude's similitude law was tested.

The rock-fill mounds were reproduced by means of natural blocks and large stone blocks, artificial blocks and gabions were tested as protection layers.

The tests led to a change in the shape of the upstream cofferdam and to a protection deemed efficient, consisting in 4×1.5×1.5 m gabions with a suitable porosity.

1 — INTRODUÇÃO

O Zambeze tem um curso de 2600 km e é o maior rio com foz na costa oriental da África. Nasce no Catanga e desagua no Oceano Índico por um delta situado a meio da costa de Moçambique, após um percurso de 850 km neste território. Serve, durante uma parte do seu curso, de fronteira entre a Zambia e a Rodésia, estando construída neste troço a barragem de Kariba cuja albufeira é das maiores do Mundo (Fig. 1).

A bacia do Zambeze em Moçambique ocupa cerca de um quarto da superfície desse território e apresenta várias potencialidades hidráulicas cujo aproveitamento está previsto nos sectores da produção de energia, navegação fluvial e fluvio-marítima, defesa contra cheias e aproveitamento hidroagrícola.

O aproveitamento de Cabora-Bassa está integrado no Plano Geral de Fomento e Ocupação do Vale do Zambeze.

Com a construção duma barragem, localizada a 255 kilómetros da fronteira com a Rodésia

Fig. 1 — Localização da barragem, em Moçambique, África, a 225 km da fronteira com a Rodésia.

cria-se uma albufeira de $63{,}3 \times 10^9 m^3$ que permitirá, entre outras finalidades, o domínio dos caudais líquidos e sólidos, e a produção de energia eléctrica em quantidade, a custos excepcionalmente vantajosos.

A barragem é do tipo abóbada com uma altura de 158 metros acima das fundações e com 300 metros de desenvolvimento no coroamento.

O programa de execução do aproveitamento prevê a necessidade de assegurar o desvio dos caudais naturais durante parte do ano, para o que, em face das características hidrológicas do rio Zambeze e das características topográficas e geológicas do seu leito no local da barragem, se prevêem obras de desvio importantes constando de duas galerias, uma em cada margem, e de duas ensecadeiras de enrocamento.

Durante a época das águas altas (meses de Fevereiro a Abril) as ensecadeiras poderão ser galgadas em virtude dos elevados caudais que podem verificar-se, e cujo desvio total obrigaria a despesas exageradas.

Os elevados valores dos caudais põem problemas delicados de estabilidade das ensecadeiras ao galgamento, os quais constituem o assunto principal desta comunicação.

II — AS OBRAS DE DESVIO

II.1 — Galerias

O caudal máximo a desviar foi fixado em 4500 m^3/s, o que permitirá, com uma probabilidade elevada, um período de trabalho de 9 meses consecutivos em cada ano, sendo de 16 meses úteis o prazo previsto para a construção da barragem.

Aquele caudal será desviado por duas galerias, não revestidas, localizadas uma em cada margem. A secção transversal destas galerias é em forma de nicho tendo 16 metros de base por 16 metros de altura.

A galeria da margem direita é constituída por três troços rectos e dois curvos, e tem um comprimento total de 439,82 metros. Na margem esquerda a galeria tem também três troços rectos e dois curvos com um comprimento total de 500,47 metros.

O fecho do rio será efectuado por duas pré-ensecadeiras constituídas por blocos naturais lançados a partir da margem direita, os quais serão depois incorporados nas ensecadeiras.

II.2 — Ensecadeiras

As ensecadeiras serão formadas por maciços de enrocamento constituídos por blocos de peso até 1,2 toneladas, impermeabilizados por uma cortina de estacas-prancha. Estes maciços serão protegidos no coroamento e paramento de jusante por uma camada superficial de dois metros de espessura constituída por elementos artificiais especiais (gabiões e blocos) ou blocos naturais de grandes dimensões. As estacas-prancha serão cravadas num maciço de enrocamentos miúdos ou brita, com uma espessura da ordem dos 27 metros, lançados sobre o fundo natural, para garantir o seu encastramento.

Nas figuras 2 e 3 estão definidas, em perfil e planta, as ensecadeiras.

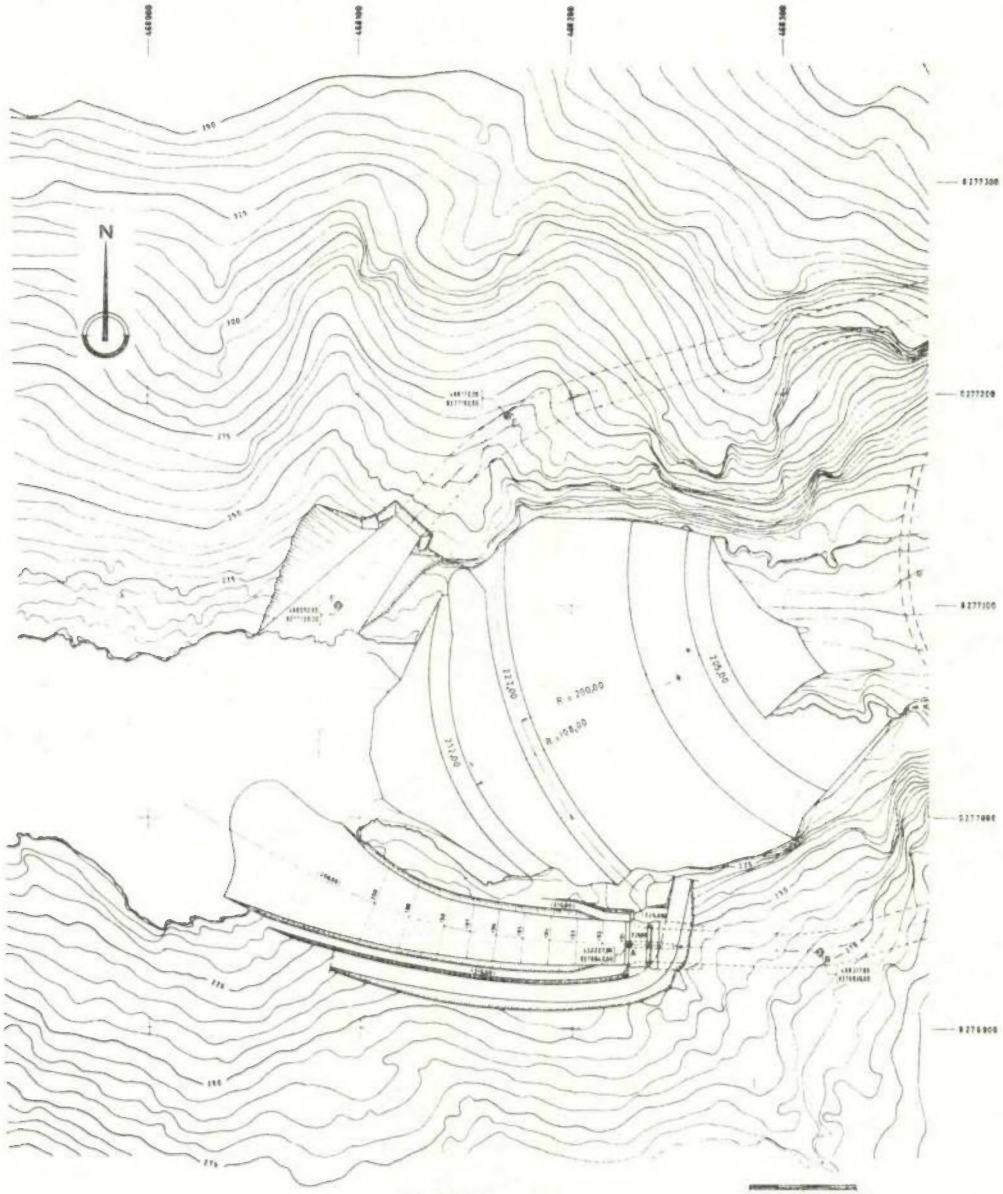
III — NECESSIDADE DE ENSAIOS EM MODELO REDUZIDO

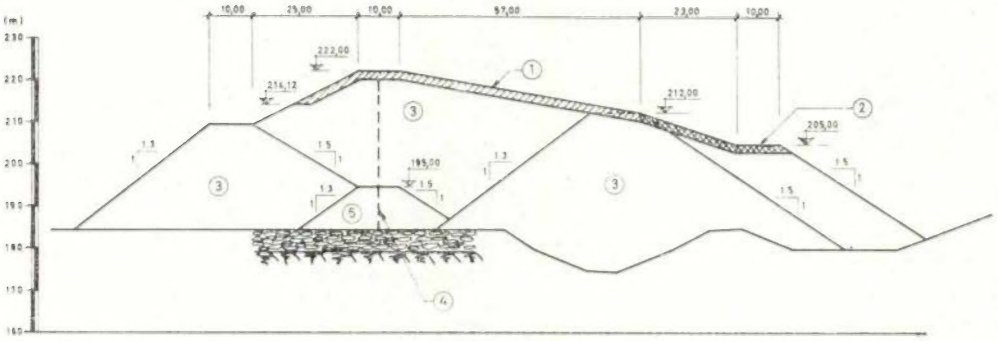
A impossibilidade de resolução pelo cálculo dos problemas envolvidos na estabilidade ao galgamento das ensecadeiras determinou a necessidade de realização de ensaios em modelo reduzido. Estes tinham por finalidade estudar a melhor localização, forma e protecção dos maciços de enrocamento, de modo a que os paramentos fiquem estáveis quando os caudais afluentes forem superiores à capacidade de vazão das galerias de desvio.

IV — INSTALAÇÕES DE ENSAIO

IV.1 — Modelo reduzido

Para realização dos ensaios foi utilizado um modelo reduzido construído à escala geométrica





PERFIL

Fig. 2 — Ensecadeira de montante, solução primitiva.
1. gabiões tipo I e blocos gama II; 2. blocos gama III; 3. blocos gama I; 4. cortina de estacas prancha; 5. brita.

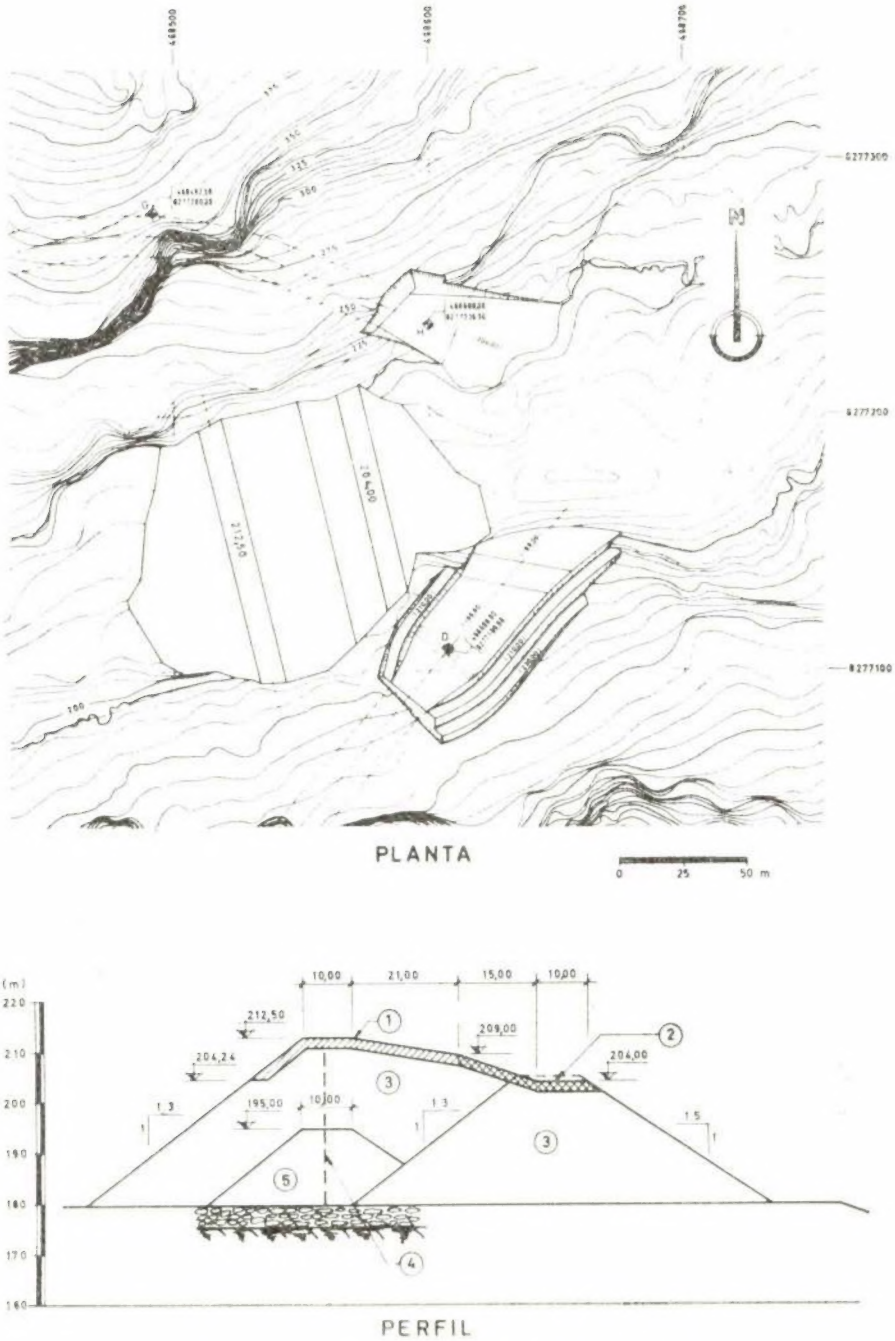


Fig. 3 — Ensecadeira de jusante, solução primitiva.
1. blocos gama II; 2. blocos gama III; 3. blocos gama I; 4. cortina de estacas prancha; 5. brita.

1/75 e explorado de acordo com a lei de Froude. (Fig. 4)

IV.2 — Materiais utilizados nas ensecadeiras

Para a reprodução dos maciços de enrocamento das ensecadeiras utilizou-se granito de peso específico compreendido entre 2,65 e 2,70 g/cm^3, valor ligeiramente inferior, em média, ao obtido em amostras extraídas do protótipo, o que, sob o ponto de vista de resistência e estabilidade dos blocos ao arrastamento pela corrente, coloca os resultados dos ensaios do lado da segurança.

Utilizaram-se as gamas de material indicadas no quadro I, onde pelo menos 50 % do número de blocos tem peso superior à média dos limites que definem essa gama.

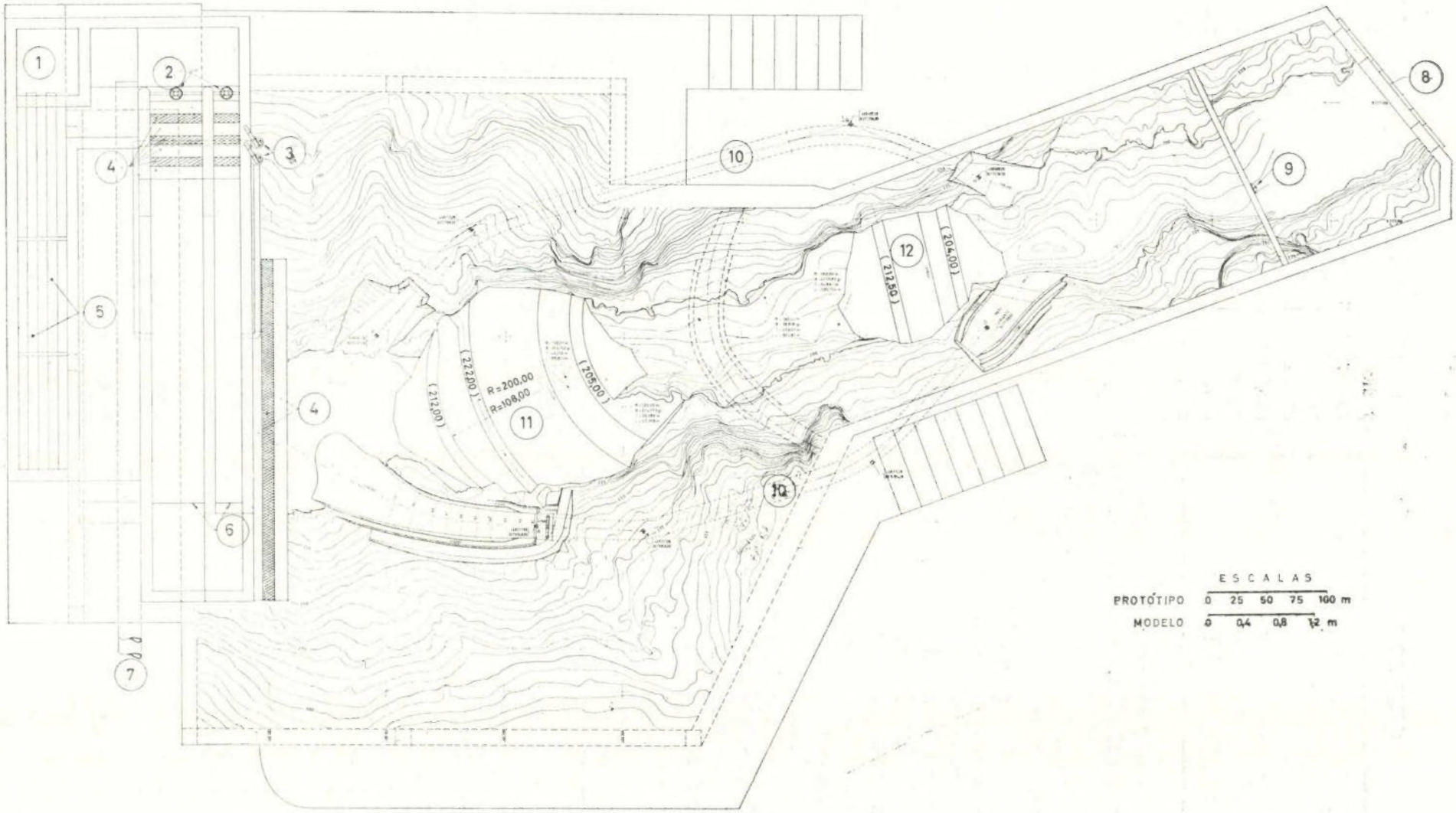


Fig. 4 — Planta do modelo reduzido.

1. retorno; 2. comportas; 3. hidrómetros; 4. câmaras de tranquilização; 5. nível constante; 6. descarregadores Bazin; 7. alimentação; 8. módulo; 9 estação hidrométrica; 10. galerias de desvio; 11. ensecadeira de montante; 12. ensecadeira de jusante.

QUADRO I

Material	Blocos de peso compreendido entre (t)
Gama I	0,01 — 1,2
Gama II	5,8 — 9,2
Gama III	9,2 — 13,7

Para protecção das ensecadeiras utilizaram-se, além das gamas II e III, gabiões e blocos naturais de betão.

Foram utilizados dois tipos de gabiões obtidos pela realização duma caixa paralelepipédica de malha metálica com as dimensões de 5,3 × 2 × 2 centímetros (4 × 1,5 × 1,5 metros no protótipo), preenchidas com areia.

O gabião tipo I pesava 35 gramas, tinha uma porosidade de 45 %, e era formado por uma malha de 2 × 2 milímetros (15 × 15 cm no protótipo), e a areia de enchimento tinha a composição granulométrica indicada no quadro II.

A malha utilizada para o gabião tipo II, que pesava 40 gramas e tinha uma porosidade de 32 %, era de 0,5 × 0,5 milímetros (3,75 × 3,75 cm no protótipo) e era enchido por areia com a composição granulométrica também indicado no quadro II.

QUADRO II

Análise granulométrica das areias de enchimento dos gabiões			
N.º dos peneiros (ASTM)	Dimensão da malha (mm)	% acumuladas	
		Gabiões tipo I	Gabiões tipo II
5	4,00	10,16	
8	2,38	38,84	8,34
10	2,00	57,57	17,50
12	1,68	88,55	32,86
14	1,41	98,05	46,91
18	1,00	98,77	74,30
25	0,71	99,01	88,32
30	0,59	99,08	94,67
50	0,297	99,19	99,55
80	0,177		99,62
140	0,105	99,37	99,71
230	0,062		99,76

Os blocos naturais eram também paralelepipédicos de dimensões 4 × 2,7 × 2 centímetros (3 × 2 × 1,5 metros, no protótipo) com as arestas verticais chanfradas de modo a que entre cada conjunto de 4 blocos ficasse um orifício de secção quadrada de 6,7 milímetros de lado (0,5 m no protótipo). Estes blocos foram reproduzidos com argamassa de cimento e pesavam 38 gramas.

IV.3 — Reprodução das ensecadeiras

As ensecadeiras foram implantadas no modelo sendo as cortinas de estacas-prancha materializadas por paredes de tijolo estanque. Os maciços de enrocamento eram constituídos por blocos da gama I. As camadas de protecção variavam de ensaio para ensaio, e na descrição de cada ensaio será feita referência à protecção utilizada.

V — ENSAIOS

V.1 — Condições dos ensaios

Os caudais iniciavam-se com o caudal de galgamento 500 m^3/s que era sucessivamente aumentado até ao valor máximo de 10 000 m^3/s (14 500 m^3/s de escoamento no rio). Os aumentos fizeram-se por fases de 500 e 1000 m^3/s, e cada caudal escoava-se durante um tempo dependente dos seus efeitos sobre as ensecadeiras.

Atingindo o valor máximo os caudais eram diminuídos segundo o mesmo esquema.

Realizaram-se dois ensaios da solução primitiva que conduziram a uma alteração da directriz da ensecadeira de montante e em seguida ensaios destinados a encontrar uma protecção eficiente para as cristas e taludes de jusante das ensecadeiras.

Os níveis a montante da ensecadeira de montante e entre ensecadeiras, verificados no ensaio V.3.2, e os níveis a garantir a jusante para todos os ensaios, estão registados no quadro III para cada um dos caudais utilizados.

QUADRO III

Caudal total	Caudal de galgamento	Nível a jusante	Nível entre ensecadeiras (ensaio V.3.2.)	Nível a montante da ensecadeira de montante (ensaio V.3.2.)
4500	—	210,5	—	—
5000	500	211,4	215,5	223,8
5500	1000	212,4	216,6	224,7
6500	2000	214,2	218,4	226,1
7500	3000	215,8	219,7	227,2
8000	3500	216,5	220,2	227,7
8500	4000	217,7	220,7	228,2
9000	4500	218,1	221,0	228,5
9500	5000	218,8	221,8	229,1
10000	5500	219,6	222,4	229,4
10500	6000	220,5	223,2	229,8
11000	6500	221,0	223,7	230,1
11500	7000	221,6	224,1	230,5
12500	8000	223,0	226,2	231,3
13500	9000	224,4	226,4	231,9
14500	10000	225,2	226,5	232,5

V.2 — Ensaios da solução primitiva

Estes ensaios permitiram verificar as condições de estabilidade das ensecadeiras, e observar as perturbações introduzidas no escoamento pela ensecadeira de montante e influência destas perturbações na ensecadeira de jusante.

A camada de protecção da ensecadeira para a realização destes ensaios era constituída, até à cota 212 do talude de jusante, por enrocamento gama II e, junto da margem esquerda, gabiões tipo I. A jusante dessa cota foi utilizado enrocamento gama III.

A ensecadeira de jusante foi protegida, desde a cota 204 a montante da cortina de estacas-prancha e até à cota 209 a jusante desta, por enrocamento gama II, e, a jusante da cota 209 e até à cota 204, enrocamento gama III (Fig. 2 e 3).

Realizado o ensaio verificou-se a erosão das camadas de protecção e constatou-se um melhor comportamento dos gabiões relativamente ao enrocamento. A observação do escoamento mostrou que a forma circular da ensecadeira de montante originava um filão axial de grande velocidade que causou as erosões verificadas na ensecadeira de jusante. Um esporão da margem direita junto da ensecadeira de montante introduzia perturbações locais no escoamento; iniciada a erosão, o esporão originava um jacto que facilitava a erosão.

No sentido de eliminar as deficiências verificadas alterou-se a directriz da ensecadeira de montante procurando uma implantação que garantisse maior comprimento de crista e eliminasse a influência do esporão da margem direita.

Os níveis registados entre ensecadeiras permitiram encurtar o comprimento transversal da ensecadeira de montante pela eliminação da parte de jusante a partir da cota 212, encurtamento que reduziu o volume de enrocamento e permitiu a deslocação da ensecadeira para jusante sem redução do local de execução da barragem (Fig. 5). A ensecadeira de jusante não foi alterada.

V.3 — Ensaios da solução modificada

V.3.1 — *Ensaio 1*

Foi realizado este ensaio com o objectivo de observar os efeitos resultantes da nova definição da ensecadeira de montante.

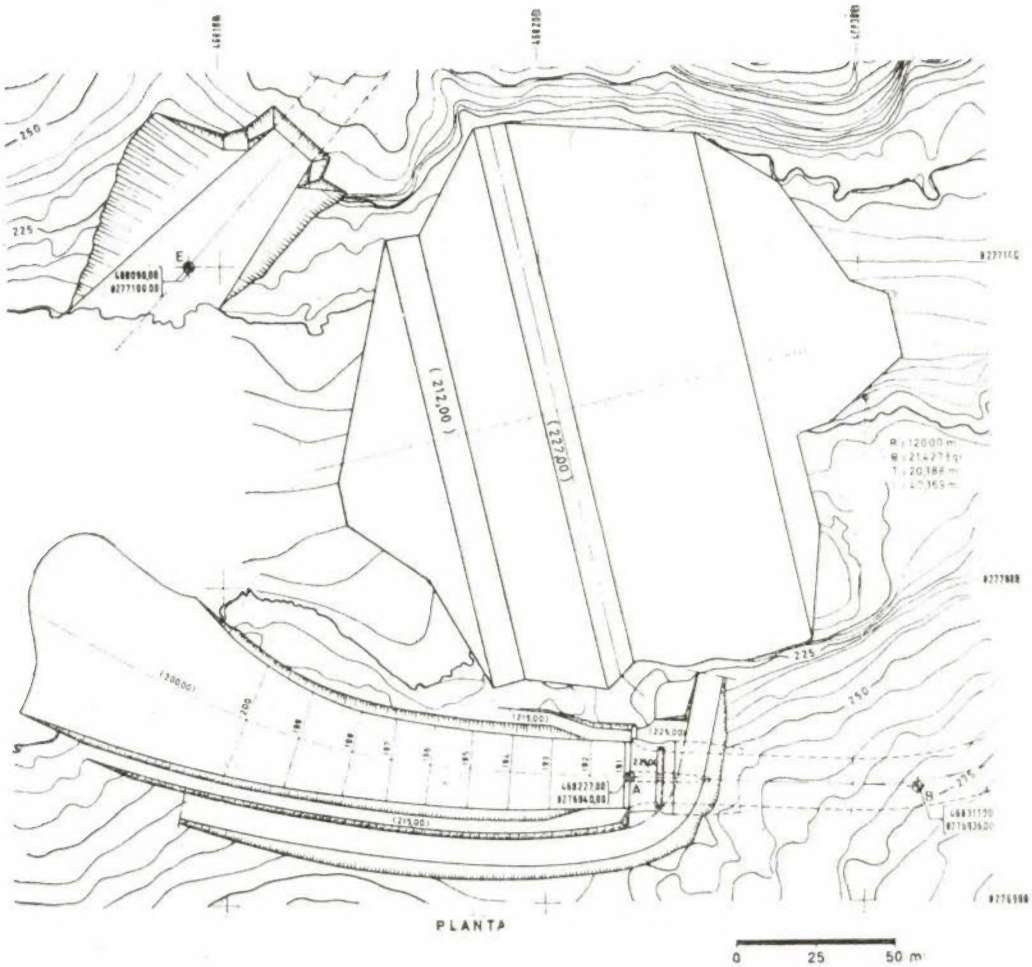
A ensecadeira de montante foi protegida por uma camada de gabiões tipo I junto das margens e enrocamento gama II desde a cota 214,12 a montante da cortina de estacas e até à cota 212 a jusante dessa cortina.

Na ensecadeira de jusante usou-se a mesma protecção que nos ensaios anteriores.

Realizado o ensaio constatou-se uma melhoria do escoamento, sendo eliminado o filão axial de máxima velocidade, do que resultou distribuição mais regular de velocidades entre ensecadeiras e eliminação das erosões da ensecadeira de jusante até ao caudal ensaiado 4000 m^3/s. (Nos ensaios da solução primitiva a ensecadeira de jusante foi erodida a partir do caudal 2000 m^3/s). A ensecadeira de montante foi erodida a partir do caudal 3500 m^3/s.

V.3.2 — *Ensaio 2*

Por se terem obtido os resultados esperados da modificação da ensecadeira de montante, os ensaios a seguir realizados destinavam-se exclusivamente a encontrar a solução mais efi-



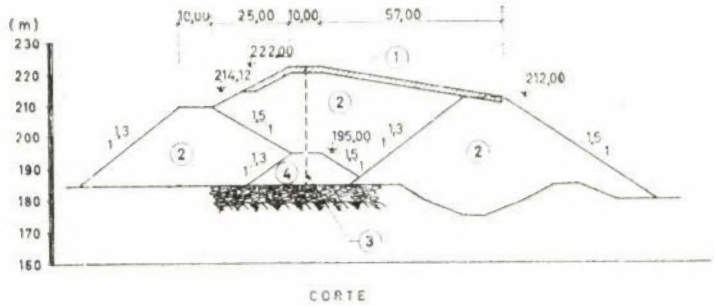


Fig. 5 — Ensecadeira de montante, solução modificada.
1. gabiões tipo I; 2. blocos da gama I; 3. cortina de estacas prancha; 4. brita.

ciente para a camada de protecção das ensecadeiras.

A protecção utilizada para a ensecadeira de montante foi uma camada de gabiões tipo I desde a cota 214,12 a montante da cortina de estacas-prancha e até à cota 212 a jusante dessa cortina.

A protecção da ensecadeira de jusante ensaiada mostrou-se eficiente até ao caudal 4000 m^3/s, pelo que se manteve neste ensaio esta protecção.

Realizado o ensaio, pôde constatar-se o bom comportamento dos gabiões da ensecadeira de montante: as erosões iniciaram-se para o caudal de galgamento 9000 m^3/s, e após ter passado o caudal máximo de 10 000 m^3/s, durante 3 h e 30 m, prosseguiram quando dos caudais

decrescentes até à fase mostrada na figura 6, obtida após ter passado a cheia.

A erosão da ensecadeira de jusante registada na figura 7, obtida após ter passado a cheia, iniciou-se para o caudal 6000 m^3/s e considerou-se ruinosa.

Fig. 6 — Ensecadeira de montante protegida com gabiões tipo I. Erosão verificada após a passagem da cheia; vista de jusante.

Fig. 7 — Ensecadeira de jusante protegida com blocos gamas II e III. Erosão verificada após a passagem da cheia; vista de jusante.

V.3.3 — *Ensaio 3*

Neste ensaio a camada de protecção da ensecadeira de montante desceu, junto da margem

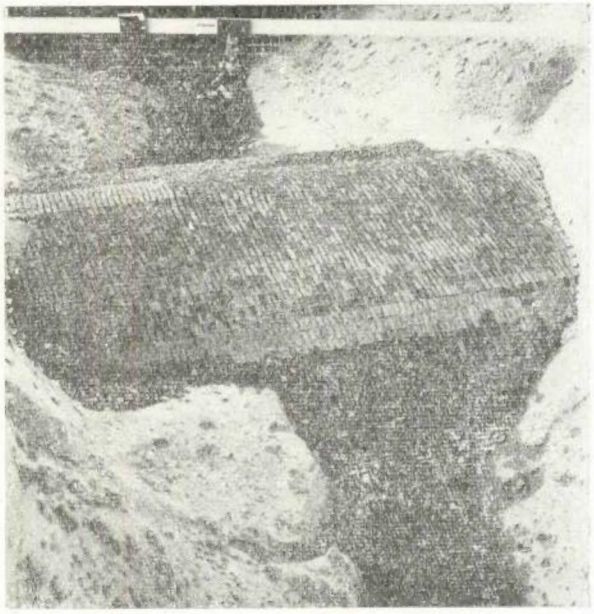


Fig. 8 — Protecção corrigida, da ensecadeira de montante com gabiões tipo I; vista de jusante.

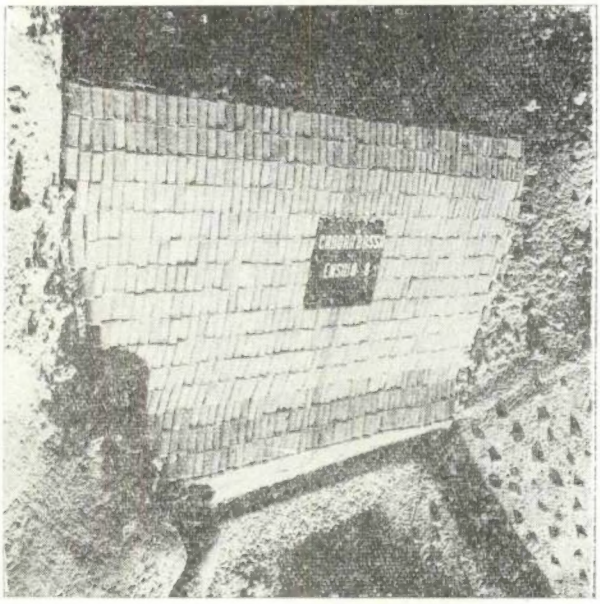


Fig. 9 — Ensecadeira de jusante protegida com gabiões tipo I; vista da margem direita.

esquerda e do lado de jusante, até à cota 198,70 (Fig. 8), e a ensecadeira de jusante foi protegida com gabiões tipo I (Fig. 9).

Fig. 10 — Protecção corrigida, da ensecadeira de montante, com gabiões tipo I. Erosão verificada após a passagem da cheia; vista de jusante.

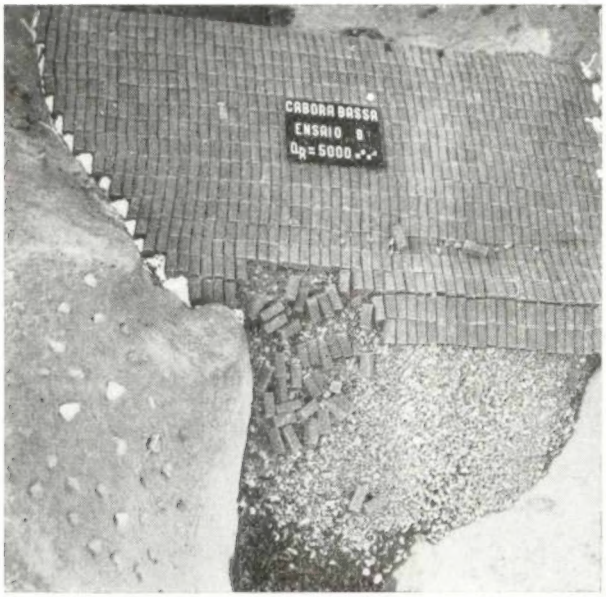


Fig. 11 — Ensecadeira de jusante protegida com gabiões tipo I; erosão verificada após a passagem da cheia; vista de jusante.

A protecção agora utilizada para a ensecadeira de montante mostrou-se eficiente (Fig. 10), e as erosões verificadas na ensecadeira de jusante não foram consideradas ruinosas (Fig. 11).

Fig. 12 — Ensecadeira de jusante protegida com gabiões tipo II; erosão verificada após escoamento do caudal 8000 m³/s; vista da margem direita.

V.3.4 — *Ensaio 4*

Com a finalidade de estudar um tipo de gabiões de porosidade inferior à dos gabiões tipo I, realizou-se este ensaio, utilizando para protecção da ensecadeira de jusante gabiões do tipo II.

Verificou-se, após ensaio, o mau comportamento destes gabiões, tendo sido erodida a ense-

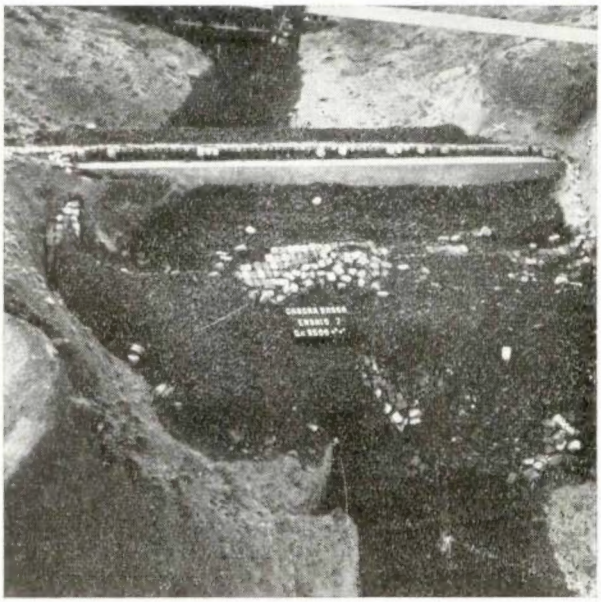


Fig. 13 — Ensecadeira de montante protegida com blocos artificiais; erosão verificada após escoamento do caudal 9500 m³/s; vista de jusante.

Fig 14 — Ensecadeira de jusante protegida com blocos artificiais; erosão verificada após escoamento do caudal 95co m^3/s; vista da margem direita.

cadeira, por efeitos da sub pressão, a partir do caudal de galgamento 8000 m^3/s. (Fig. 12).

V.3.5. — *Ensaio 5*

As ensecadeiras foram protegidas com os blocos de argamassa de cimento.

Efectuado o ensaio verificou-se que os blocos eram instáveis, por efeitos da subpressão, a partir do caudal de 2000 m^3/s. (Figs. 13 e 14).

VI — CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após esta série de ensaios parece serem estáveis as ensecadeiras quanto protegidas por gabiões semelhantes aos utilizados no modelo. No entanto os gabiões devem ter uma porosidade tal que elimine a influência das subpressões.

Nos ensaios os gabiões foram utilizados desligados uns dos outros; no local recomenda-se que os gabiões sejam amarrados entre si e às margens, o que vem aumentar consideràvelmente as condições de segurança.

É conveniente que os intervalos entre os gabiões e as margens sejam preenchidos com betão, e os gabiões devidamente amarrados. Este preenchimento regulariza o escoamento junto das margens, eliminando perturbações locais, e assegura uma melhor amarração dos gabiões.

Prevê-se o prosseguimento dos estudos de estabilidade ao galgamento das ensecadeiras utilizando outros tipos de protecção, designadamente blocos de betão com dimensões e peso superiores aos utilizados no ensaio V.3.5 e também forma diferente.

BIBLIOGRAFIA

1 — WILKINS, J. K — Flow of water through Rock-fill and its Appllcation to the Design of Dams. *Proc. 2 nd A-N.Z. Conf on Soil Mechanics*, 1956.

2 — WILKINS, J. K. — The Stability of Overtopped Rock-fill Dams. *Proc. 4 th. A-N.Z. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering.*

3 — LAWSON, J. D.; TROLLOPE, D. H; and PARKIN, A. K. — Some Hydraulic Aspects of unconventional Rock-fill Dams. *Proc. 1st Australasian Conference on Hydraulics and Fluid Mechanics*, 1962.

4 — OLIVIER, H. — Through and Overflok Rock-fill Dams — A New Design Concept. *Proc. I. C. E.* London, March 1967.

5 — LANE, R. G. T. — Temporary dam construction under water and overtopped by floods. *Trans. 6 th C. L. D.* Istambul, September, 1967.

6 — HDROTÉCNICA PORTUGUESA — Projecto das Obras de Desvio de Cabora-Bassa. Lisboa, Fevereiro de 1967.

7 — LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL — Estudo Hidráulico em Modelo Reduzido do Aproveitamento de Cabora-Bassa (2 Relatórios), Lisboa, Janeiro e Outubro, 1968.

8 — MACCAFERRI — Gabbiloni per difese Fluviali e Sistemazioni montane. Bologna, 1966.

NOTICIÁRIO

I.N.I.I.

Grupo de Formação e Aperfeiçoamento

CTA.5 — Ensaios de Corrosão e Técnicas de Protecção de Materiais

Noções básicas gerais de carácter prático sobre o mecanismo da corrosão e as técnicas de protecção com incidência especial sobre as protecções de estruturas metálicas por pintura e revestimentos metálicos.

PROGRAMA

- Mecanismo da corrosão dos metais comuns, nos vários meios
- Considerações económicas
- Materiais. Meios corrosivos
- Preparação de superfícies: Métodos, graus de preparação e seu controle
- Introdução geral às Técnicas de Protecção
- Revestimentos metálicos (com especial referência a revestimentos por zinco e alumínio): mecanismo da protecção, critério de escolha, técnicas de aplicação e controle de qualidade
- Revestimentos por tintas: mecanismo de protecção, critério de escolha, técnicas de aplicação e controle de qualidade
- Inspecção
- Manutenção
- Segurança
- Casos práticos reais
- Normalização

Data	12 a 16 de Outubro
Horário	9.30-12.30 e 14.30-17.30 h
Duração	30 horas

RE.59 — As Técnicas de Programação Linear e a Optimização dos Objectivos de venda e de Produção

A programação na empresa.

Os princípios básicos do método. O problema — Parâmetros de acção, condicionamentos de produção e de mercado, função económica, análise marginal. O método e as técnicas de resolução.

Utilização dos resultados. Quantidades a produzir, utilização do material, rentabilidade marginal dos investimentos. Custo do desvio do programa óptimo.

Desenvolvimento de um estudo.

Apresentação de casos: plano óptimo de produção na indústria textil. Caso da produção química não contínua.

Data	9-11 Dezembro
Horário	9.00-12.30 e 14.30-18.00 h
Duração	21 horas

A "ELECTRÓNICA 70" — um íman de atracção crescente

De 5 a 11 de Novembro de 1970, em Munique na Theresienhöhe a 4.ª "ELECTRÓNICA" abrirá as suas portas aos especialistas de sector electrónico de todo o mundo. Para a "ELECTRÓNICA 70 — Feira Internacional especializada em electrónica" — já se inscreveram 150 novas firmas.

O rápido e constante crescimento da "ELECTRÓNICA" mostra que para os artigos apresentados nesta feira — considerada a mais importante feira especializada neste sector — se verifica uma iminente necessidade no mercado.

O forte aumento das áreas de exposição ocupadas de "ELECTRÓNICA" para "ELECTRONICA" (1964 — 4018 m², 1966 — 8360 m², 1968 — 15 035 m², e para 1970 será já posta à disposição uma área líquida de 20 000 m² os pavilhões 17, 18 e 19 entram pela primeira vez) faz sentir a necessidade duma apresentação clara dos produtos para bem de todos os visitantes.

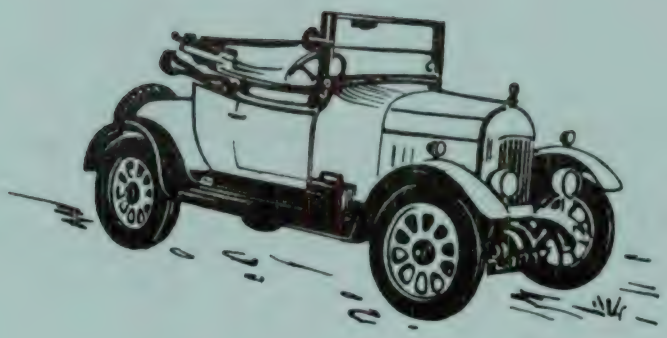
Contentorização 70

De 21 até 25 de Outubro 1970, realiza-se no recinto da Feira de Munique uma grande feira especializada em transportes combinados — CONTENTORIZAÇÃO 70 —.

A "Sociedade de Estudos de Transportes Combinados" organiza paralelo a esta feira um congresso para a análise dos problemas dos transportes em depósitos, sob os mais variados pontos de vista. Na exibição especial é demonstrado o carregamento e descarregamento de contentores.

A transição para o transporte de mercadorias em contentores teve enormes consequências para a indústria de transportes assim como para a indústria expeditora. Ao contrário dos habituais métodos da embalagem em caixotes e recipientes, aplicam-se no transporte em contentores grandes depósitos construídos em bloco, que graças às suas dimensões normalizadas, nos locais de descarregamento tanto no interior do país como nos portos podem ser transportados com aparelhos especiais de carregamento num mínimo de tempo. Assim verifica-se uma economia de mão-de-obra, o capital transportado não fica improdutivo por tanto tempo e os meios de transporte podem ser aproveitados melhor porque o transbordo dura menos tempo.

As mercadorias, quando o sistema funciona perfeitamente, vão do fabricante para o cliente sempre no mesmo recipiente, baixando assim as percentagens de perdas e danos.



OS VELHOS CALHAMBEQUES SÃO MAIS JOVENS DO QUE NÓS

Durante meio século respondemos sempre às exigências da Indústria Automóvel.

E quanto ela evoluiu...

Mais leves, de linhas mais funcionais, de maior potência, e cada vez com maior duração, são algumas das características actuais das nossas baterias...

mas sabe que ainda não estamos satisfeitos?

A SUA SATISFAÇÃO É O NOSSO OBJECTIVO MAIOR.

TUDOR

1920 — 1970

TUDOR 50 ANOS

LISBOA · TOMAR · C. BRANCO · PORTO · COIMBRA · VISEU · ÉVORA · BRAGA · SETÚBAL · AVEIRO · FARO

TABELAS TECNICAS PARA ENGENHARIA CIVIL

6ª edição revista e actualizada

por J.S. Brazão Farinha

Preço 200$00

MANUAL DE HIDRAULICA

por Armando C. Lencastre

2ª edição revista e actualizada

Preço 240$00

PEDIDOS A "TECNICA"

Desconto de 10% aos nossos assinantes

C. D. U. 620.173:539.4.013
539.4.013
539.313

O ENSAIO MODIFICADO DE COOK E LARKE

por ANTÓNIO DUARTE SILVA
EDUARDO C. MARÇAL GRILO
Engenheiros mecânicos, Estagiários para Especialistas do Serviço Técnico Geral do L N E C
Assistentes do Instituto Superior Técnico

RESUMO

Quando se realiza um ensaio de tracção simples a fim de obter a curva de variação de tensão em função da extensão para um dado material, deve considerar-se a formação da estricção como um factor perturbador da interpretação dos resultados do ensaio. Isto resulta de o aparecimento da estricção tornar difícil a interpretação da curva, por dar origem a um estado de tensão triaxial.

Os ensaios de compressão de provetes com diferentes relações diâmetro-altura, permitem obter, para o material, uma curva básica tensão-extensão independente do efeito de estricção.

Neste trabalho descreve-se como se obteve por este método, utilizando quatro provetes diferentes, uma curva tensão-extensão para o cobre puro.

SYNOPSIS

When a simple tension test is conducted, to obtain the stress strain curve of a material, the formation of the neck must be considered as a prejudicial factor of the experiment. The apperauce of the neck turns difficult to interpret the meaning of the curve on the plastic field, because it origines a triaxial stress system.

The compression tests with specimens which have different ratio Diameter/Length, allow us to reach a basic stress strain curve for the material independent of neck effect.

Using four different specimens, a basic stress strain curve is obtained on this experimental work. The material is pure copper.

1 — INTRODUÇÃO *

O objectivo destes ensaios é a obtenção da curva básica de tensão-extensão para o cobre puro, ensaiando quatro provetes A, B, C e D, com diferentes relações diâmetro/altura (QUADRO I).

Este método, inicialmente usado por Cook e Larke, envolve cálculos muito extensos, mas para o trabalho presente escolheu-se um outro método mais simples que é uma forma modificada do anterior.

Como é sabido, num ensaio de compressão, em especial quando se atinge o domínio plástico, o atrito que se desenvolve entre os topos do provete e os pratos da máquina de ensaio provoca nas zonas extremas do provete como que uma cintagem.

QUADRO I

Provete	H_i (polegadas) Altura inicial	D_i (polegadas) Diâmetro inicial	D_i / H_i	V^3 (polegadas) volume
A	1,5	0,75	1/2	0,663
B	0,75	0,75	1	0,332
C	0,375	0,75	2	0,166
D	0,249	0,75	3	0,110

* NOTA — Este trabalho foi realizado no Laboratório de Mecânica Aplicada do Imperial College of Science and Technology da Universidade de Londres sob a orientação do Dr. F. Ellis.

Ensaiando provetes com diferentes relações diâmetro/altura, aquele efeito pode ser determinado e uma curva aproximada de tensão verdadeira em função da extensão verdadeira pode ser obtida por conveniente extrapolação isto é, uma extrapolação para uma altura «infinita» que reduz o efeito dos topos a zero.

2 — EQUIPAMENTO

Foi utilizada para a realização dos ensaios uma prensa hidráulica Denison com carga máxima de 50 toneladas. Para medir os provetes foram utilizados dois micrómetros com campos de medida de 0 — 1" e de 1" — 2".

3 — MÉTODO DE ENSAIO

3.1 — Os provetes são colocados na prensa numa posição central e não é utilizada lubrificação entre os topos do provete e as bases da máquina de ensaio.

3.2 — As alturas do provete são medidas antes e depois de cada ensaio, retirando o provete da máquina de ensaio.

3.3 — Os ensaios são iniciados com uma carga de 1,5 ton, após o que se aumenta o valor da carga de acordo com o esquema: até 7,5 ton acréscimos de 1 ton; entre 7,5 ton e 20 ton acréscimos de 2,5 ton e de 20 ton a 30 ton acréscimos de 5 ton.

3.4 — Para cada carga é feito um diagrama da relação diâmetro original/altura em função do decréscimo em altura. Obtém-se assim para cada relação D/H quatro pontos um para cada curva. Em seguida faz-se a extrapolação correspondente a uma altura «infinita», isto é D/H = 0.

3.5 — São traçados os diagramas tensão-extensão correspondentes aos quatro provetes e também o correspondente aos valores extrapolados.

3.6 — Considera-se válida a lei de Saint-Venant da conservação de volume durante a deformação plástica. Isto quer dizer, no aspecto prático, que o diâmetro médio do provete para uma dada compressão é sempre calculado tomando o volume inicial do provete.

4 — SIMBOLOGIA

A_o — área inicial da secção transversal do provete

A — área da secção transversal média

D — diâmetro médio do provete

H — altura do provete

V — volume do provete

W — carga

σ — tensão

ε — extensão axial

$\varepsilon_{a', b', c', d}$ — extensão axial do provete A, B, C, D

5 — RESULTADOS

Os resultados dos ensaios realizados estão apresentados nos QUADROS I, II, III e IV e nos diagramas I e II.

Damos aqui apenas um exemplo respeitante ao modo como os valores foram obtidos.

5.1 — Exemplo para a carga de 3,5 ton

Provete A

5.1.1 Altura inicial $H_i = 1,5''$

Altura após deformação $H_a = 1,448''$

$$\Delta H_a = H_i - H_a = 1,5 - 1,448 = 0,052$$

$$\varepsilon_a = \frac{\Delta H_a}{H_i} = \frac{0,052}{1,5} = 34,6 \times 10^{-3}$$

Para os provetes B, C e D obtiveram-se

$$\varepsilon_b = 34,6 \times 10^{-3}$$

$$\varepsilon_c = 32,0 \times 10^{-3}$$

$$\varepsilon_d = 32,2 \times 10^{-3}$$

5.1.2 — Com os valores obtidos em 5.1.1 pode-se obter a curva traçada no diagrama I e correspondente à carga de 3,5 ton. Esta curva depois de extrapolada para D/L = 0, dá-nos a extensão básica (ε básico) para a carga W = 3,5 ton. Tais valores estão apresentados no QUADRO IV e são:

W = 3,5 ton . . . . . ε básico = $36,0 \times 10^{-}$

QUADRO II

Carga W (ton)	Provete A			Provete B			Provete C			Provete D		
	H_a (in)	ΔH_a (in)	ε_a $\times 10^{-3}$	H_b (in)	ΔH_b (in)	ε_b $\times 10^{-3}$	H_c (in)	ΔH_c (in)	ε_c $\times 10^{-3}$	H_d (in)	ΔH_d (in)	ε_d $\times 10^{-3}$
1,5	1,492	0,008	5,35	0,746	0,004	5,34	0,737	0,002	5,34	0,248	0,001	4,0
2,5	1,474	0,026	17,3	0,738	0,012	16,0	0,369	0,006	16,0	0,245	0,004	16,0
3,5	1,448	0,052	34,6	0,724	0,026	34,6	0,363	0,012	32,0	0,241	0,008	32,2
4,5	1,416	0,084	56,0	0,708	0,042	56,0	0,356	0,019	50,6	0,237	0,012	48,3
5,5	1,381	0,119	79,4	0,693	0,057	76,0	0,348	0,027	72,0	0,233	0,016	64,5
6,5	1,354	0,146	97,4	0,679	0,071	94,6	0,341	0,034	90,6	0,227	0,022	88,4
7,5	1,305	0,195	130,0	0,657	0,093	124,0	0,331	0,043	116,0	0,221	0,028	112,5
10,0	1,195	0,305	203,5	0,605	0,145	193,8	0,309	0,066	176,0	0,221	0,042	168,5
12,5	1,086	0,414	276,0	0,553	0,197	263,0	0,285	0,09	240,0	0,207	0,055	220,1
15,0	0,981	0,519	346,0	0,501	0,249	332,0	0,261	0,114	304,0	0,194	0,07	280,1
17,5	0,876	0,624	416,0	0,461	0,289	385,0	0,243	0,132	352,0	0,179	0,082	330,0
20,0	0,782	0,718	479,0	0,418	0,332	443,0	0,224	0,151	403,0	0,167	0,095	382,0
25,0	0,659	0,841	561,0	0,359	0,391	522,0	0,195	0,180	480,0	0,154	0,110	443,0
30,0	0,578	0,922	615,0	0,315	0,435	580,0	0,174	0,201	535,0	0,139	0,124	498,0

QUADRO III

Carga W (ton)	Provete A		Provete B		Provete C		Provete D	
	$A_a = \frac{V_a}{H_a}$ (sq. in)	$\sigma = \frac{W}{A_a}$ (Ton/sq. in)	$A_b = \frac{V_b}{H_b}$ (sq. in)	$\sigma = \frac{W}{A_b}$ (Ton/sq. in)	$A_c = \frac{V_c}{H_c}$ (sq. in)	$\sigma = \frac{W}{A_c}$ (Ton/sq. in)	$A_d = \frac{V_d}{H_d}$ (sq. in)	$\sigma = \frac{W}{A_d}$ (Ton/sq. in)
1,5	0,444	3,37	0,445	3,37	0,445	3,37	0,445	3,37
2,5	0,450	5,56	0,450	5,56	0,450	5,56	0,450	5,56
3,5	0,458	7,64	0,460	7,62	0,457	7,64	0,458	7,64
4,5	0,468	9,18	0,470	9,58	0,467	9,64	0,466	9,66
5,5	0,480	11,45	0,480	11,45	0,477	11,52	0,474	11,60
6,5	0,490	13,26	0,490	13,26	0,487	13,35	0,487	13,50
7,5	0,508	14,75	0,505	14,85	0,501	14,90	0,500	15,00
10,0	0,555	18,00	0,555	18,00	0,537	18,90	0,534	19,00
12,5	0,657	19,00	0,600	20,85	0,582	21,50	0,570	21,90
15,0	0,676	22,20	0,663	22,60	0,636	23,60	0,617	24,30
17,5	0,757	23,10	0,720	24,30	0,683	25,60	0,661	26,50
20,0	0,848	23,60	0,795	25,10	0,741	27,00	0,718	28,20
25,0	1,007	24,80	0,925	27,00	0,852	29,30	0,795	31,40
30,0	1,150	26,10	1,055	28,40	0,954	31,50	0,884	33,90

5.1.3 — Volume do provete A

$$Va = \frac{\pi D_i^2}{4} \times H_i = \frac{\pi (0,75)^2}{4} \times 1,5 = 0,663 \text{ in}^2$$

Para calcular o valor da tensão calculamos primeiro o valor da área média:

$$A_a = \frac{V_a}{H_a} = \frac{0,663}{1,448} = 0,458 \text{ in}^2$$

Para W = 3,5 ton

$$\sigma = \frac{W}{A_a} = \frac{3,5}{0,458} = 7,68 \text{ ton/in}^2$$

QUADRO IV

$A_o = \frac{\pi}{4} D_0^2 = \frac{\pi}{4} (0{,}75)^2 = 0{,}442$ sq. in			
Carga (Ton)	ε básico $\times 10^{-3}$	$1 - \varepsilon$ básico	σ básico $= \frac{W}{A_o}(1 - \varepsilon$ bas) (Ton/sq. in)
1,5	5,35	0,99465	3,37
2,5	17,50	0,98250	5,55
3,5	36,00	0,96400	7,65
4,5	59,0	0,9410	9,56
5,5	83,0	0,917	11,40
6,5	103,0	0,897	13,20
7,5	136,0	0,864	14,70
10,0	214	0,786	17,8
12,5	289	0,711	20,1
15,0	359	0,641	21,8
17,5	454	0,541	21,8
20,0	528	0,468	21,4
25,0	604	0,896	22,4
30,0	652	0,348	23,6

5.1.4 — Cálculo da tensão básica (σ básico)

$$V_i = \frac{\pi}{4} D_i^2 H_i$$

$$V_a = \frac{\pi}{4} D^2 H_a$$

$$\frac{\pi}{4} D_i^2 H_i = \frac{\pi}{4} D^2 H_a$$

$$D^2 = D_i^2 \frac{H_i}{H_a}$$

$$\sigma = \frac{W}{\frac{\pi}{4} D^2} = \frac{W}{\frac{\pi}{4} D_i^2 \frac{H_i}{H_a}}$$

$$\varepsilon = \frac{H_i - H_a}{H_i} = 1 - \frac{H_a}{H_i}$$

$$\frac{H_a}{H_i} = 1 - \varepsilon$$

$$\sigma = \frac{W}{A_o}(1 - \varepsilon)$$

$$\sigma \text{ básico} = \frac{W}{A_o}(1 - \varepsilon \text{ básico})$$

Para $W = 3{,}5$ ton e ε básico $= 36{,}0 \times 10^{-3}$

$$\sigma \text{ básico} = 7{,}65 \text{ ton/in}^2$$

Estes valores estão apresentados no QUADRO IV.

6 — CONCLUSÕES

6.1 — No diagrama II estão apresentadas as quatro curvas de tensão-extensão para cada um dos provetes ensaiados.

Os pontos da curva designada por «básica» são obtidos extrapolando as curvas no diagrama I para o caso-limite de $D/H = O$. Assim podemos afirmar que a curva tensão-extensão de um provete de cobre puro com uma relação $D/H = O$, é representada pela chamada curva básica.

10.000 obras realizadas

- coberturas
- perfis especiais
- vigas pré-esforçadas
- pavimento trief
- protecção de segurança
- mosaicos
- tubos

materiais novobra

PAVIMENTOS

EM BETÃO PRÉ-ESFORÇADOS (HOMOLOGADOS PELO LAB. NAC. DE ENGENHARIA CIVIL)

LEIRIA — PONTE DAS MESTRAS, TEL. 5 37 60

LISBOA — AV. EST. UNIDOS DA AMERICA, 78, 5.º DTO., TEL. 77 98 00 - 77 48 38

LAGOA — ESTRADA DO CARMO, TEL. 94

SONDAGENS RODIO, LDA.

R. S. Bento, 644 - 3.º
LISBOA

PORTO
LUANDA
BEIRA

TELEFONE: 68 80 96

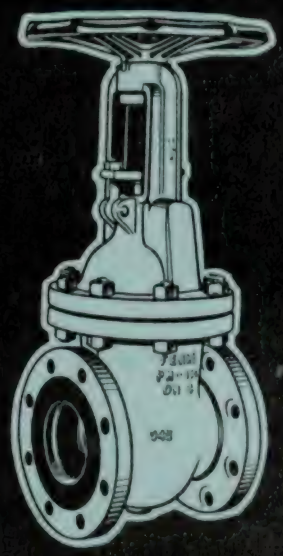
SONDAGENS GEOLÓGICAS
ESTUDOS GEOTÉCNICOS
CONSOLIDAÇÃO DE FUNDAÇÕES
ESTACAS
PAREDES CONTÍNUAS
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS HIDRÁULICAS
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS

RODIO

SP SUÇO-PORTUGUÊS | 286/439/AR

VÁLVULAS

de cunha,
retenção, regulação
e passagem



Segundo normas DIN e ASA, para líquidos, vapores e gases (incluindo Cl, NH_3 e SO_2).
Execução em ferro fundido, aço vazado, aço inoxidável e ligas especiais.
Diâmetros nominais de 10 a 600mm.
Pressões nominais de 4 a 40 kg./cm².

ESTUDOS • PROJECTOS
ORÇAMENTOS
ASSISTÊNCIA TÉCNICA

SOCIEDADE PORTUGUESA DE VÁLVULAS, L.DA

Rua da Academia das Ciências, n.º 5,
Lisboa-2 - Telefone P.P.C.A. 320011.

SUPER-VULCANO

(Cimento Portland de Ferro)

Aprovado pelo Decreto n.º 49 371, de 11-11-1969

um cimento de
alta qualidade
distribuído pela

Empreza de Cimentos de Leiria, S.A.R.L.

SÍMBOLO DE QUALIDADE

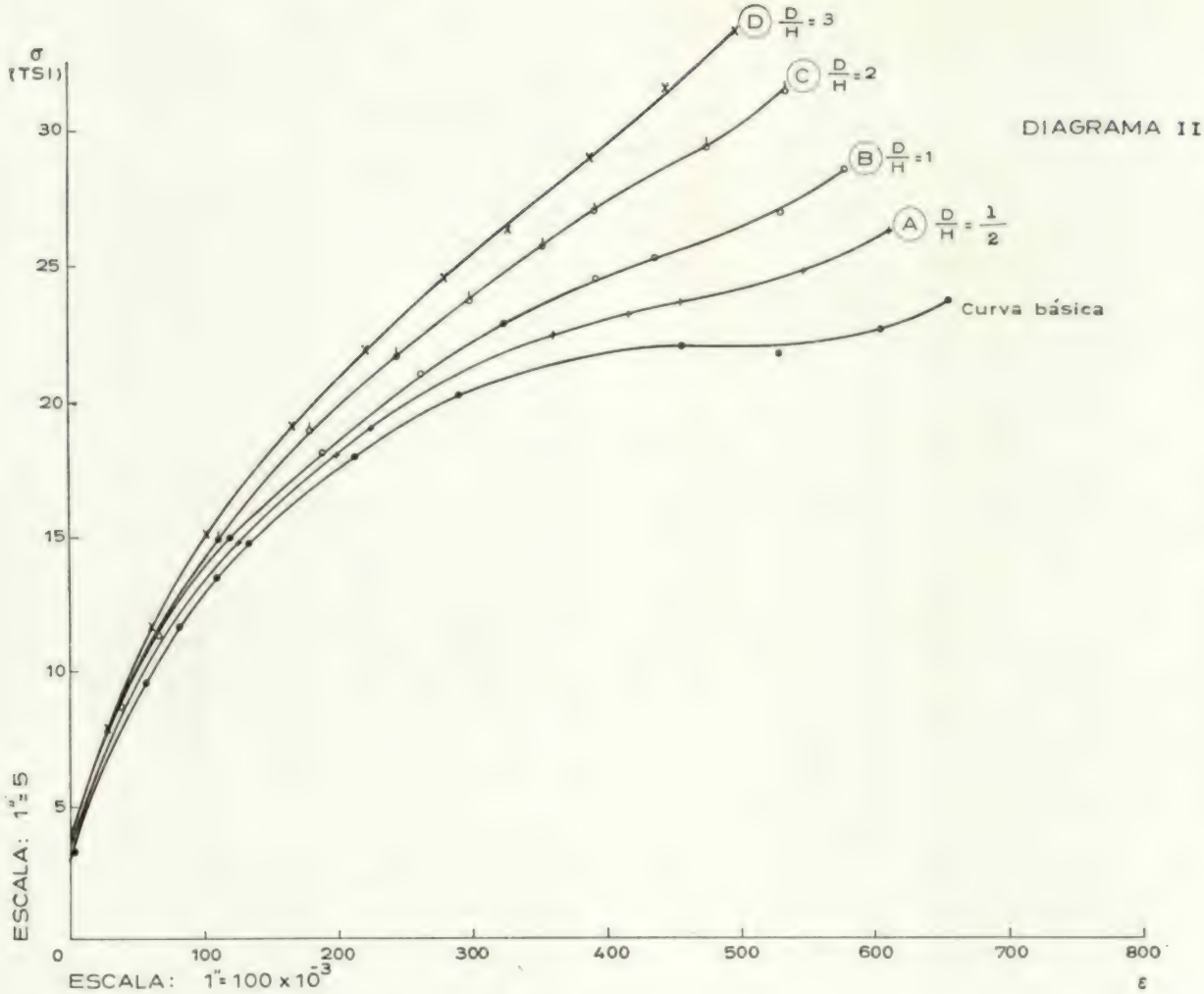


DIAGRAMA II

6.2 — O processo apresentado, embora um pouco trabalhoso, permite obter fàcilmente as curvas básicas, o que é do maior interesse para o conhecimento do comportamento dos materiais.

BIBLIOGRAFIA

Watts and Ford — Proc. I. Mech. E. 169 — 1955.

Alechander and Brewer — Mechanical Properties of Materials — Ed. Van Nostrand.

DO MUNDO TÉCNICO

NOVOS DISPOSITIVOS EM SEMICONDUTORES DA ITT

1) Circuitos Integrados

142 circuitos TTL diferentes estão a ser oferecidos ao utilizador. São fornecidos em duas séries completas, MIC 9000/MIC 9300 e MIC 5400/MIC 7400, incluindo 50 portas, 20 flip-flops e 72 dispositivos MSI de função complexa.

Os dispositivos MSI de função complexa MIC 9300 complementos dos MIC 9000 de funções de valor simples, existem em caixas de cerâmica de duas séries de contactos alinhados. Podem ser fornecidos para dois domínios de temperaturas. Díodos limitadores de voltagem em todos os imputs protegem os dispositivos contra quaisquer indesejáveis efeitos de ressonância. Os circuitos são concebidos para serem compatíveis com todas as séries de circuitos lógicos saturados. Incluídos nas novas séries estão vários shift registers, contadores binários, descodificadores, multiplexers somadores completos e memórias.

Os novos MIC 54.. (−55 a +125 °C) e MIC 74.. (0 a +70 °C) são fornecidos em caixas de cerâmica e brevemente em caixas de plástico também de duas séries de contactos alinhados. Estes circuitos são também compatíveis com todas as outras famílias de circuitos digitais, quer TTL, quer DTL.

Quanto a circuitos integrados binários são apresentados 3 novos tipos.

MIC 723: regulador de voltagem de precisão

MIC 726: par de transistores diferenciais controlados por temperatura.

MIC 741: amplificador operacional de alto-ganho de frequência comprovada.

Um novo dispositivo no grupo dos circuitos integrados lineares é o oscilador de potência integrado TAA 775. O novo circuito em caixa de plástico é concebido primàriamente para uso com gerador electrónico de impulsos para indicadores de direcção e unidades intermitentes anti-colisão em carros com bateria de 12 V.

2) Transistores de silício

O novo transistor BF 120 (V_{CEO} > 220 V) em caixa TO-18 é usado principalmente em receptores de televisão para amplificar o sinal de output do circuito integrado TAA 790 (deflexão de linha).

O domínio dos dispositivos NPN (I_C = 100 m A) em caixas TO-18 foi alargado pela adição dos tipos BC 190 A e BC 190 B que são os complementos dos dispositivos PNP BC 266 A e BC 266 B. Foram juntados agora ao domínio PNP (I_C = 100 m A) transistores BCY 78 A a D (4 tipos) e BCY 76 A a C (3 tipos). Tipos complementares são o BCY 68 A a D e BCY 59 A a C.

3) Díodos e Rectificadores de Silício

Dois novos díodos de silício para aplicações de rectificação de alta velocidade são os tipos BA 158 e BA 159. A voltagem inversa de pico é 600 V e 1000 V respectivamente.

Os díodos de silício da nova família BAV (tipos BAV 17 a BAV 21) são fornecidos em cápsulas de vidro, miniatura de duplos contactos DO-35. Com um tempo de recuperação de menos de 50 m estes 5 díodos são de aplicação universal de V_R = 25 a 250 v.

Os novos díodos sintonizadores BB 121 fabricados em tecnologia plana epitaxial também são fornecidos em cápsulas DO-35. São concebidos para sintonizar por todo o domínio de frequência dos sintonizadores UHF e VHF de televisão.

Com os tipos B 40 C e B 80 C 600 em caixas miniatura, foram introduzidas, duas novas pontes rectificadoras de 600 m.

UM NOVO PAPEL ISOLANTE

A Du Pont de Nemours anuncia a preparação de um novo isolante eléctrico que se apresenta em papel, em que uma das características principais é uma excepcional resistência aos efeitos de ionização. Este material novo à base de fibra poliamida aromática termoresistente «Nomex» e de mica, associa as excelentes qualidades mecânicas, eléctricas, térmicas e químicas do «Nomex», à resistência da mica aos efeitos de ionização.

Este novo papel foi concebido para o isolamento de condutores, de secções e ranhuras de motores eléctricos de média e alta tensão, assim como para o isolamento de camadas, de espiras e como cilindro de separação HT/BT de transformadores.

É constituído por uma mistura íntima de fibras curtas e de resíduos de poliamida aromática termoresistente e de mica. Apresenta uma rigidez dieléctrica elevada, uma excelente resistência à delaminação e à descamação uma boa estabilidade dimensional.

O produto de peso específico médio 1,15 é oferecido em 3 espessuras: 80 microns, 125 microns e 250 microns.

CROMATOGRAFIA EM FASE LÍQUIDA

Os mais recentes resultados das pesquisas no campo da cromatografia levaram, na Siemens, ao desenvolvimento de um cromatógrafo líquido com o qual se atingem tempos de análise inferiores a um minuto. O cromatógrafo líguido S 200 P fabricado em série, trabalha em fase líquida com pressões de até 30 N/mm² e temperaturas de até 200 °C. Todas as substâncias solúveis podem ser detectadas. Como detector emprega-se um fotómetro espectral. O limite mínimo médio de apreensão de uma substância solúvel localiza-se a 10^{-12} Mol. Para substâncias que têm linhas fortes de absorção no campo espectral UV sobe a sensibilidade de prova a até 10^{-18} Mol; o que significa, no melhor dos casos, sòmente algumas centenas de milhares de moléculas de uma substância.

HOJE E SEMPRE... os aglomerados

ISOLA

ISOLA

- para isolamentos térmicos
acústicos
vibráticos

FAZEM PARTE INTEGRANTE
DA ARQUITECTURA MODERNA

Soc. Comercial de Isolamentos
de Cortiça, Lda.

AV. ANTÓNIO AUGUSTO DE AGUIAR, 17
LISBOA
Tel: 53 71 91 Teleg: Isola

mais de 70 países utilizam os instrumentos geofísicos ABEM

A gama de Instrumentos Geofísicos ABEM reduzem extraordinariamente os custos de explorações mineiras, pesquisas de água e prospecções necessárias à Engenharia Civil.

Os Oscilógrafos ABEM, denominados ULTRALETTE foram concebidos para medições analíticas, registos em trabalhos de pesquisa, controlo de produção, na medicina e na defesa.

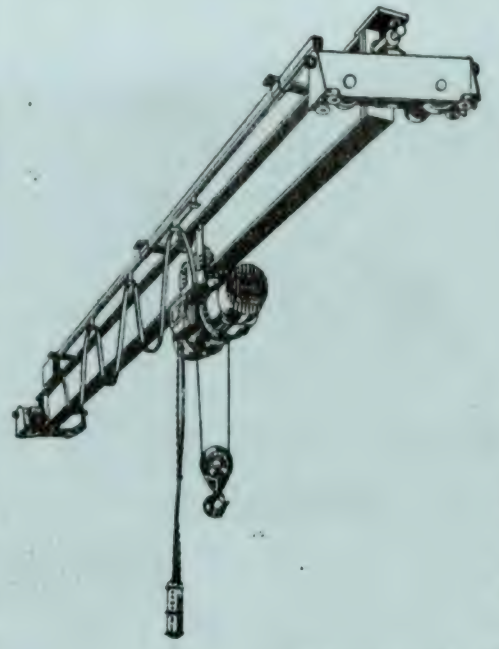
ABEM: 45 anos consecutivos ao serviço da Geofísica.

Contacte-nos. Peça o catálogo sobre Instrumentos Electromagnéticos, Magnéticos, Eléctricos, Sísmicos, Nucleares e Instrumentos de Controlo de Furos de Sondagem.

ABEM É UMA COMPANHIA DO GRUPO INTERNACIONAL ATLAS COPCO

Atlas Copco
vendas e assistência em mais de 100 países

SOCIEDADE ATLAS COPCO DE PORTUGAL, LDA.



Uma PONTE ROLANTE
equipada com diferencial

VERLINDE

pode ser a solução do seu problema de movimentação

REPRESENTANTES EM PORTUGAL:

KENDALL, PINTO BASTO & C.ª, LDA.
Rua Nova da Alfândega, 7-12
Telef. 28421 (7 linhas)
PORTO

E. PINTO BASTO & C.ª, LDA.
Avenida 24 de Julho, 1
Telef. 361581 (10 linhas)
LISBOA-2

ESCAVADORAS HIDRÁULICAS
S/RODAS — S/LAGARTAS

yumbo

— ENTREGAS IMEDIATAS

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO

GUEDES & ALMEIDA, LDA.

RUA ÁUREA, 181 - 2.° — TELEFONES 325011 - 327845 — LISBOA

C.D.U. 691 : 620.193
691.873 : 620.193

CASOS DE CORROSÃO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

por ANTERA VALERIANA DE SEABRA
Engenheira química, Investigadora do Serviço de Materiais de Construção, Chefe da Divisão de Química do LNEC

MARIA DO ROSÁRIO TAVARES CRAVO
Engenheira química, Especialista do Serviço de Materiais de Construção do LNEC

RESUMO

Após uma breve introdução sobre corrosão metálica focam-se os tipos de corrosão a que alguns metais mais correntemente utilizados na construção civil podem estar sujeitos e as causas que os provocam.

Apresentam-se para exemplificação alguns casos típicos estudados pelo LNEC.

SYNOPSIS

After a brief introduction to metal corrosion, the types of corrosion that may occur in some metals most currently used in building construction and the corresponding causes are indicated.

As an illustration, some typical cases studied at the LNEC are presented.

1 — INTRODUÇÃO

Incide esta exposição sobre os metais mais comummente usados na construção civil, focando-se, em particular, aqueles cuja utilização envolve grandes massas ou em que a corrosão é mais frequente ou acarreta prejuízos elevados.

Assim será considerado em primeiro lugar o aço — muitas vezes indevidamente designado por ferro — e portanto a corrosão das armaduras e das canalizações de distribuição de água ou sistemas de aquecimento; seguir-se-ão os metais utilizados em coberturas, em particular o zinco, e finalmente outros metais como, por exemplo, as ligas de cobre.

Tratar-se-á essencialmente das *causas de corrosão* não se considerando, por consequência, os processos tendentes a combatê-la quando inevitável, isto é, os métodos de protecção a aplicar aos metais, mas apenas analisando os casos em que o metal, que nas condições normais deveria resistir, se apresenta corroído.

É portanto às *causas de corrosão* que podem e devem ser evitadas que essencialmente se limitará esta exposição, dado até que a maior parte dos casos de corrosão provém sobretudo das más condições a que se sujeita o metal em serviço.

Com efeito, dentre os estudos solicitados ao LNEC só num diminuto número de casos esteve em causa a qualidade do material utilizado.

Como introdução far-se-ão apenas algumas considerações muito gerais sobre a corrosão dos metais, mencionando-se posteriormente, a propósito de cada metal, as particularidades de maior interesse.

2 — GENERALIDADES SOBRE CORROSÃO

Considerando as condições de utilização dos metais na construção civil apenas a corrosão em presença de água tem importância. Com efeito, a oxidação dos metais na ausência de água é um fenómeno que geralmente se limita a camadas extremamente finas de superfície e origina quase sempre filmes aderentes e protectores. São excepção, por exemplo, mesmo à temperatura ambiente, os metais alcalinos e alcalino-terrosos para os quais a relação de Pilling-Bedworth entre os volumes de óxido formado e de metal consumido é inferior à unidade. Para a maioria dos metais, só a temperaturas elevadas é que este factor, relação de Pilling-Bedworth, e outros referentes a propriedades e modo de crescimento do filme se revelam de grande importância, porque há então uma maior velocidade de reacção.

A corrosão em presença de água é de natureza electroquímica e explica-se, como se sabe, tomando como exemplo o esquema de uma pilha, seca ou não, em que há produção de corrente eléctrica em virtude da diferença de potencial assumida e mantida pelos dois eléctrodos. A água

será então o veículo que, dissolvendo sais por exemplo, assegura o meio electrolítico necessário; o metal constituirá por si, simultâneamente, os dois eléctrodos cátodo e ânodo, que curto-circuita portanto.

Estes eléctrodos poderão ser o metal pròpriamente dito (sempre o ânodo) e as impurezas mais nobres que possa conter, ou zonas do metal de determinada estrutura em relação a outras de estrutura diferente, ou mesmo o corpo de um grão cristalino em relação à sua periferia, ou ainda duas zonas em estados de tensão diferentes, etc.

Porém é no caso da chamada corrosão galvânica que a semelhança com a pilha electroquímica é mais flagrante. Aqui o metal não contém o ânodo e o cátodo mas, por estar elèctricamente ligado a outro mais nobre, é severamente corroído numa zona tanto mais extensa a partir da junção dos dois metais quanto maior a condutibilidade do meio. O metal mais nobre, que funciona portanto como cátodo, não se corroerá, pelo menos até à distância a que se faça sentir a acção do ânodo: está protegido catòdicamente. É este de facto o fundamento da chamada protecção catódica por ânodos sacrificados.

Contudo é igualmente possível estabelecer-se uma pilha de eléctrodos idênticos que assumem potenciais diferentes por estarem mergulhados em meios electrolíticos também diferentes. Este caso verifica-se com muita frequência na realidade, pois com facilidade se estabelecem no metal micro ou macrozonas a potenciais diferentes devido a heterogeneidades do meio. Podem citar-se, como exemplos, a corrosão de canalizações que atravessam terrenos de natureza geológica diferente, ou a corrosão de um metal que está só parcialmente bem arejado. Portanto, deve procurar-se que o meio que rodeia os metais seja tanto quanto possível homogéneo.

Um último caso pode ocorrer: é o da chamada corrosão electrolítica em que, por acção de correntes geradas exteriormente, o metal é obrigado a tornar-se ânodo numa electrólise: verificar-se-á a sua corrosão enquanto que o cátodo correspondente, o metal (ou a zona) que as mesmas correntes mantêm negativo, fica por isso mesmo protegido. Assim, quando o fenómeno é provocado por correntes não previstas, vagabundas, é indesejável: leva à corrosão do metal; ao revés pode ser aproveitado para se proteger catòdicamente um metal (a expensas de outro, é certo, mas menos dispendioso), por imposição intencional de uma força electromotriz adequada.

Estabelecida, portanto, uma célula de corrosão por haver zonas do metal a potenciais diferentes, a velocidade de corrosão será função da intensidade da corrente debitada e esta, pela 2.ª lei de Ohm, dependerá não só da diferença de potencial geradora como também das resistências interna e externa do circuito. A externa está neste caso pràticamente reduzida a zero, pois o metal, de elevada condutibilidade, curto-circuita os eléctrodos. A interna dependerá da condutibilidade do meio electrolítico que também influi na distância a que se vai sentir o fenómeno. Por outro lado ainda, felizmente, a diferença dos potenciais dos eléctrodos não se mantém constante devido à chamada polarização, em virtude da qual o potencial do ânodo aumenta e o do cátodo diminui. Para isto contribui em muito a natureza e local de formação dos produtos de corrosão, que podem, se compactos e aderentes, opor-se à transferência de electrões e descarga de iões. Por isso, qualquer substância ou condição que provoque a despolarização dos eléctrodos será favorável a um aumento de intensidade da corrente, e daí ao progresso da corrosão com velocidade apreciável.

Outro factor que contribui para a gravidade do fenómeno da corrosão é a relação das áreas anódica e catódica: se a catódica for muito grande é sempre possível que se realize a reacção catódica, ou, o que é o mesmo, que não haja polarização catódica, e isto reflectir-se-á numa corrosão localizada na pequena área anódica, onde haverá uma destruição em profundidade. Se suceder o contrário, ânodo grande e cátodo pequeno, a corrosão distribuir-se-á por uma superfície maior e será generalizada, além de que há maior probabilidade de se verificar ràpidamente a polarização do cátodo.

Quanto à forma, a corrosão pode ser superficial e mais ou menos uniforme, abrangendo grandes áreas do mesmo modo e em pequena profundidade, ou localizada, isto é, limitando-se a certas zonas, caso em que se verifica a existência de picaduras («pitting») de diâmetro variável até degenerarem em crateras. O número e distribuição destas picaduras pode conferir à corrosão aspectos diferentes.

Note-se que, de acordo com Eldredge e Warner, «os acidentes raramente se devem a corrosão

moderada espalhada sobre grandes áreas; geralmente resultam de ataque intenso em áreas pequenas que leva a picaduras e perfuração prematura». E isto, mesmo que a quantidade de material destruído seja mínima.

Um outro aspecto que interessa focar é o da corrosão intergranular ou intercristalina que, devido à ausência de produtos de corrosão, não é evidente senão quando já em grau adiantado. É contudo de efeitos muito prejudiciais porque reduz grandemente a resistência mecânica das peças. Este tipo de corrosão aparece mais frequentemente em metais fortemente deformados, por exemplo laminados, que noutras circunstâncias teriam sofrido apenas corrosão uniforme.

Finalmente, para conclusão deste breve apanhado de noções e designações fundamentais, cite-se a «corrosão selectiva», que em certas ligas se traduz pelo ataque preferencial de um dos componentes: um dos casos mais frequentes é o da deszincificação dos latões, de que se falará mais adiante.

3 — CORROSÃO DE ARMADURAS

Este é, evidentemente, um dos mais importantes casos a considerar e mais frequente do que em geral se julga. Em Inglaterra, onde se fez um inquérito que abrangeu numerosos edifícios de betão armado em mau estado, concluiu-se que na maior parte dos casos se poderia apontar como causa a corrosão das armaduras.

3.1 — Corrosão do aço no betão

Contudo é do conhecimento comum que o aço embebido no betão fica normalmente protegido contra a corrosão, e a atestá-lo estão as inúmeras estruturas antigas cujas armaduras se mantêm incólumes. A protecção conferida ao aço pelo betão não é porém de ordem física — interposição do betão entre o aço e o meio agressivo — mas devida ao elevado valor de pH que existe no betão endurecido.

Com efeito, o betão contém uma estrutura finamente porosa preenchida por humidade e ar e por isso não poderia funcionar apenas como barreira isoladora e até pelo contrário, e em primeira análise, pareceria proporcionar condições favoráveis à corrosão.

Não obstante, esta não se verifica normalmente e isto deve-se a que o hidróxido de cálcio libertado durante a hidratação do cimento, e os álcalis em menor escala, lhe conferem uma elevada basicidade: pH = 12,5. Ora, nestas condições, o conjunto de valores de pH e potencial de eléctrodo situa-se na zona de passivação do diagrama de Pourbaix e o metal está então protegido. Este facto tem-se atribuído à formação de uma película protectora tanto mais insolúvel quanto maior for o pH, que se opõe ao prosseguimento da reacção de corrosão. Logo, qualquer factor capaz de inibir a formação ou destruir a película de passivação coloca o ferro em condições de se corroer. Entre esses factores citaremos os que levam a uma diminuição de pH e a presença de iões como os cloretos, particularmente eficazes, os sulfatos e os nitratos.

Consideremos em primeiro lugar os factores que influem no pH do meio.

a) Dosagem e qualidade do cimento

Evidentemente que, sendo o cimento o manancial de hidróxido de cálcio cuja solução fornece um meio de pH elevado, uma maior quantidade de ligante será favorável à protecção do aço.

Sob este aspecto de quantidade de hidróxido de cálcio disponível, a natureza do cimento pode ter importância, principalmente em casos de atmosferas agressivas, e assim os cimentos aluminosos são de prescrever por não fornecerem qualquer reserva de hidróxido. Também os cimentos de escória produzem, em comparação com um cimento portland normal e na mesma quantidade, uma reserva menor e — tendo sempre em conta apenas a corrosão das armaduras — igualmente são desfavoráveis os cimentos pozolânicos. Contudo, há ainda controvérsia sobre este assunto, que tem sido objecto de estudo de diversos organismos nacionais ou internacionais.

b) Lixiviação do hidróxido de cálcio e álcalis

Também haverá diminuição de alcalinidade se o hidróxido de cálcio e os álcalis forem desaparecendo por lixiviação, o que tem maior relevância nas obras imersas em águas agressivas. O fenómeno relaciona-se directamente com a porosidade e a permeabilidade do betão e portanto, como se sabe, com a relação água/cimento, a granulometria dos inertes e a boa compactação do betão.

c) Carbonatação

Um dos processos mais importantes de redução do pH é a acção inevitável do dióxido de carbono do ar.

O dióxido de carbono reage com o hidróxido de cálcio originando carbonato de cálcio, que precipita. Ora o pH de uma solução saturada de carbonato de cálcio é apenas 10 e então o ferro ou aço mergulhado numa tal solução deixa de estar passivado e fica sujeito a corrosão.

Se o betão é bom, não poroso, a carbonatação dá-se só à superfície, não excedendo a camada carbonatada alguns milímetros — geralmente menos de uma dezena — visto que os canalículos existentes e microfissuras ficam obstruídos pelo carbonato precipitado, o que impede a penetração posterior de mais dióxido de carbono ou de outros gases agressivos, e permite que a alcalinidade do interior se mantenha. Verifica-se nestas circunstâncias que a «inevitável» acção do gás carbónico não é causa «inevitável» de corrosão e é até benéfica.

Porém, se o betão é poroso e permeável, o progresso do dióxido de carbono não é impedido e a carbonatação pode prosseguir até às armaduras que ficam sujeitas a corrosão. Para que isto não suceda terão de assegurar-se, mais uma vez, uma porosidade e uma permeabilidade reduzidas.

Torna-se, assim, evidente a incidência que a preparação ou fabrico cuidado dum betão (relação água/cimento, granulometria dos inertes, compactação) tem na corrosão das armaduras, que será tanto menos provável quanto mais reduzidas forem a porosidade e a permeabilidade.

A espessura de betão que cobre a armadura tem igualmente muita importância, pois quanto maior for mais tarde serão atingidas as armaduras. Evidentemente que deverá ser maior se o betão não for suficientemente denso e compacto, mas «é sempre preferível a um betão deficiente aplicado com grande espessura de revestimento um bom betão denso de menor espessura» [1]. Embora se discuta a espessura mínima a observar, dependente da agressividade da atmosfera e de outras condições, admitem-se geralmente valores que vão de 5 a 10 cm e, em alguns casos, sòmente 25 mm.

d) Ataque de ácidos

Os ácidos derramados ou os existentes no ar atmosférico, como o dióxido de enxofre ou gás sulfídrico, por reagirem com o hidróxido de cálcio serão também causa de abaixamento de pH. Ainda neste caso a porosidade e permeabilidade do betão se ligam ìntimamente à gravidade do fenómeno de corrosão.

e) Cloretos

Shalon e Raphael [2] demonstraram que o cloreto de sódio provoca diminuição do pH na fase aquosa do betão. Contudo não é tanto este facto que torna indesejável a presença de cloretos como, em primeiro lugar, a facilidade com que estes deterioram a película de óxido protectora e depois a maior condutibilidade eléctrica que conferem ao betão, efeito que também é provocado pela presença de sulfatos ou nitratos.

3.2 — Reacções de corrosão do ferro

Vencida a passividade do ferro, passa este a corroer-se segundo a reacção primária

$$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2\,e$$

e o hidróxido ferroso que então se forma é posteriormente oxidado a um óxido férrico hidratado ($Fe_2O_3 \cdot H_2O$) [3] que, de mistura com outros óxidos ou hidróxidos de transição, é o principal constituinte da ferrugem. Já não há formação de película protectora e pelo contrário os produtos de corrosão são porosos, fàcilmente atravessáveis por iões agressivos e ainda, facto muito importante, muito volumosos (volume cerca de 8 vezes superior ao do ferro consumido). Desta expansão, grandemente realçada pela presença de cloretos, resultam tensões elevadas que chegam a atingir 330 kg/cm² e levam à fendilhação do betão, o que é tanto mais fácil quanto, como se viu, a corrosão pressupõe na maior parte dos casos um betão de qualidade deficiente.

A reacção catódica correspondente é, por se tratar de um meio alcalino, a seguinte:

$$H_2O + 1/2\,O_2 + 2\,e \longrightarrow 2\,OH^-$$

e dela ressalta a particular importância da presença de oxigénio, imprescindível para que se dê a despolarização do cátodo.

Note-se a propósito o bom comportamento do betão imerso, devido a que a difusão do oxigé-

nio na água é lenta. Mais lenta é ainda em soluções concentradas de sais e isto é uma vantagem no caso do betão imerso na água do mar.

Também neste caso de acção do oxigénio é a maior porosidade do betão que pode facilitar o seu acesso à armadura.

Observa-se ainda que, tratando-se de exposição atmosférica, as causas que permitem uma carbonatação profunda favorecem o acesso do oxigénio às armaduras e assim se cumprem duas condições de bom funcionamento das células de corrosão.

3.3 — Corrosão diferencial

Fez-se uma síntese das causas que podem provocar a corrosão do aço no betão, sendo evidente que, se várias delas existirem simultâneamente, a corrosão se verificará com maior intensidade.

Não se referiram contudo ainda as condições em que a corrosão se manifesta com maior gravidade: quando há possibilidade de corrosão diferencial, isto é, quando os factores enumerados actuam localmente. Então as zonas sujeitas à sua acção corroem-se muito ràpidamente sob a influência das protegidas. Assim, segundo Lewis [4], entre as causas mais frequentes da corrosão do aço no betão está o estabelecimento de células de pH diferencial proveniente de carbonatação diferencial, cuja f. e. m. é de cerca de 0,5 volts. Estas células provirão, por exemplo, da existência de betões de porosidade ou permeabilidade diferentes, ou de diferentes espessuras de revestimento da armadura.

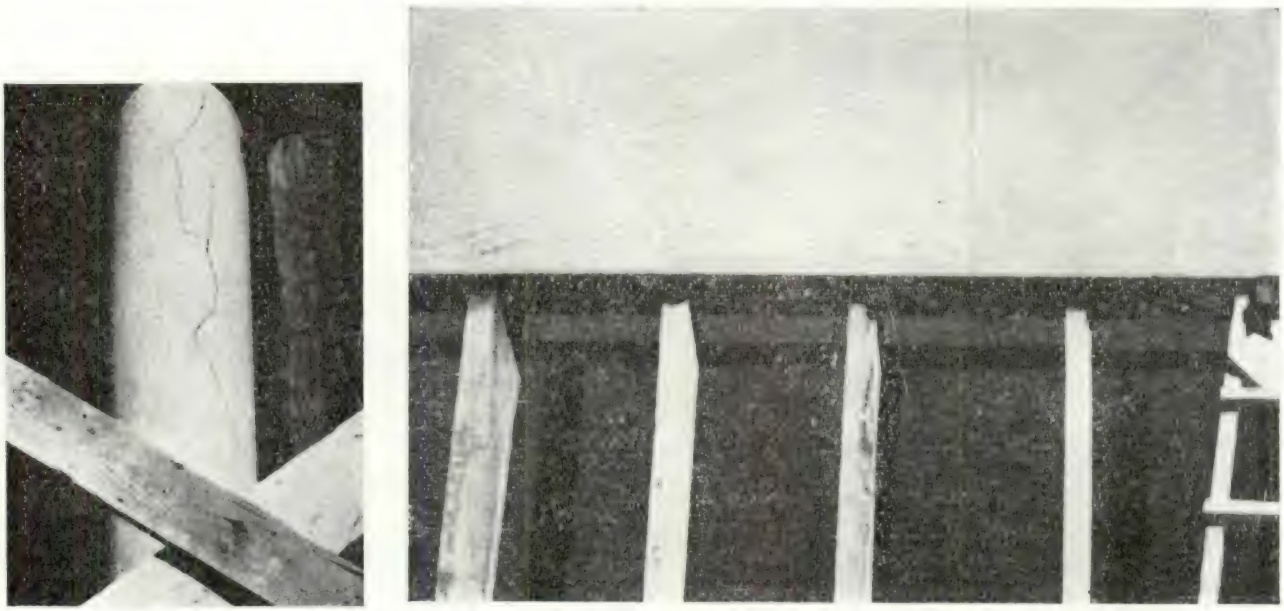
Do mesmo modo poderão coexistir zonas de teores em cloretos diferentes e será mais nocivo haver em alguns locais apenas uma concentração elevada do que um teor idêntico ao longo de toda a armadura. Neste caso particular a concentração diferencial de cloretos pode derivar de adições, intencionais ou não, ou até de evaporação desigual originada, mais uma vez, por porosidade ou permeabilidade diferenciais.

Ainda serão possíveis células de humidade diferencial e de arejamento diferencial (até o facto de junto da armadura ficarem locas, consequência de mau escalonamento dos inertes ou de má compactação, é causa de corrosão).

Finalmente, também o uso de betões de qualidades diferentes ou, em menor escala, de dosagens desiguais pode levar ao aparecimento de fenómenos de corrosão.

3.4 — Casos de corrosão de armaduras

Exemplifiquemos com um caso de corrosão em que houve fendilhamento de pilares e de galerias, como se vê nas figuras 1a e 1b [9].



(*a*) (*b*)

Fig. 1 — Fendilhamento em pilar (*a*) e galeria (*b*) devido à corrosão das armaduras

Pode observar-se que as fissuras são paralelas às armaduras subjacentes, o que é sempre um indício de ser a corrosão a causa de fendilhamento. Não há geralmente fissuras transversais às armaduras quando a corrosão é a sua causa.

O aço dos varões apresentava-se com muitas escórias e inclusões, mas isso tanto sucedia em zonas onde havia corrosão como nas outras.

O betão, ensaiado à compressão, mostrou-se de má qualidade, mas o traço era idêntico também quer nos locais de corrosão quer nos isentos dela; apenas o teor em brita e o escalonamento granulométrico dos inertes eram um pouco melhores no caso de amostras de pilares sem fendilhamento.

Os pilares tinham um diâmetro de 31 cm incluindo dois revestimentos, um de reboco de argamassa e outro de betonilha. A espessura do betão de revestimento ia de 1 a 2,5 cm no pilar fendilhado, de 1,5 a 3 cm no bom; a do reboco, de 1,5 a 3,5 cm em ambos e a da betonilha era sempre aproximadamente 1,5 cm.

Da combinação destes valores resultava uma irregularidade na espessura total de revestimento das armaduras que variava de 3 a 7 cm. Esta irregularidade pode verificar-se na figura 2 onde está também demarcada a profundidade de carbonatação que atingia de 5 a 7 cm no betão mau e 3,5 a 6 cm no bom.

Estes valores evidenciam a qualidade deficiente do betão. Note-se ainda o descentramento das armaduras o que faz com que alguns varões já estejam em zona não carbonatada enquanto outros ainda não. Daí a possibilidade de pilhas de pH diferencial. Este descentramento foi aliás a principal causa das irregularidades de espessuras de revestimentos atrás assinaladas.

Pôde observar-se que os varões embebidos em betão carbonatado se apresentavam corroídos e os outros estavam em bom estado. Também as cintas exteriores aos varões, portanto na zona de betão carbonatado, se encontravam todas em mau estado.

Assim temos um caso típico de má execução do betão, que levou à corrosão das armaduras.

Num outro caso (Fig. 3), as causas de corrosão foram a presença localizada de cloretos, certa heterogeneidade do betão e sobretudo a passagem de correntes vagabundas. Neste caso, a carbonatação, embora chegasse a atingir 24 mm, não

Fig. 2 — Secções transversais de uma zona pràticamente ainda sem corrosão das armaduras (à esquerda) e de outra com grave corrosão (à direita). O traço preto limita a camada carbonatada

poderia ser apontada como factor importante da corrosão por os varões estarem geralmente a cerca de 40 mm do exterior [10.]

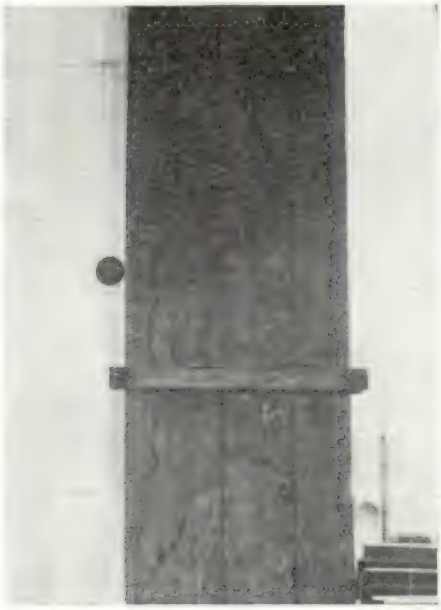


Fig. 3 — Fendilhamento de pilar devido a corrosão da armadura

Finalmente apresenta-se o estado em que se encontra um varão, primitivamente de 9 mm de diâmetro (Fig. 4). Este varão estava embebido em

Fig. 4 — Estado de varão embebido em betão sujeito a derramamento de ácidos. ø 9 mm

betão numa sala de laboratório junto de uma bacia, portanto sujeito a derramamento de ácidos, etc.

4 — CORROSÃO DE CANALIZAÇÕES

Entre nós o material mais correntemente empregado para canalizações é o aço macio, com ou sem revestimento, designado no comércio, respectivamente, por «ferro zincado» e «ferro preto».

Quando se utiliza o ferro preto, além da corrosão do ferro em meio alcalino já focada ao tratar da corrosão das armaduras, interessa também a corrosão em meio ácido cujas reacções anódica e catódica se traduzem, como se sabe, por:

$$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2\,e$$

$$2\,H^{+} + 2\,e \longrightarrow H_2$$

A despolarização do cátodo far-se-á normalmente por consumo deste hidrogénio, o que vem mais uma vez chamar a atenção para a importante acção deste gás.

Por intervenção de reacções secundárias os iões Fe^{2+} vão posteriormente originar ferrugem contaminada ou não por sais insolúveis provenientes de outros iões existentes no meio.

Quando se utiliza tubo de ferro zincado, a sua maior duração em relação a ferro não revestido deve-se a que o zinco é geralmente mais resistente à corrosão e, além disso, pode até proteger o ferro catòdicamente por sacrifício galvânico, quando haja descontinuidade do revestimento.

Na corrosão de canalizações há 2 casos a considerar: a corrosão do lado do exterior e a do interior, esta devida ao líquido transportado.

4.1 — Corrosão do exterior

Em relação a meios ambientes exteriores, as canalizações de condução de água quente, abrangendo as de sistemas de aquecimento, estão geralmente incluídas em paredes ou embebidas em betão. Estas últimas comportam-se portanto, no caso do ferro e do ponto de vista de corrosão, como as armaduras dum betão, assunto atrás referido.

Quando expostas à atmosfera, o que é pouco frequente na construção civil, ou envolvidas por

isoladores de calor, aponta-se o perigo de condensações de vapor de água nos períodos de arrefecimento.

A corrosão diferencial devida ao contacto simultâneo do metal com materiais de características diferentes é ainda nestes casos a que fornece um maior número de inutilizações, como se exemplificará mais adiante.

Considerando as canalizações de abastecimento de água, importa referir principalmente as que estão enterradas e sofrem corrosão pelo solo, assunto muito complexo dada a heterogeneidade que o meio pode apresentar e os inúmeros factores que intervêm. Também aqui, para além das propriedades agressivas que um solo possa apresentar (ser francamente ácido, por exemplo), as corrosões diferenciais são muito importantes e frequentes. De facto, há possibilidade de formação de pilhas diferenciais em consequência de os terrenos de assentamento serem de natureza diferente — macropilhas geológicas — , ou de apresentarem diferentes teores em humidade, em salinidade, em oxigénio, etc. Neste último caso, de concentração diferencial de oxigénio ou arejamento diferencial, pode até verificar-se corrosão justamente na parte inferior dos tubos porque o terreno existente debaixo deles, não revolvido, fica menos arejado do que aquele com que são recobertos.

Uma outra causa importante de corrosão de metais enterrados é a acção das bactérias redutoras de sulfatos. Esta causa, que também se verifica noutros meios, é muito frequente nos solos, mais do que se imagina, e tanto assim que um inquérito realizado em Inglaterra revelou que, de 53 casos de inutilização de canalizações, 44, ou seja 83%, eram devidos a corrosão microbiológica [5].

As bactérias redutoras de sulfatos, anaeróbias, substituem o oxigénio na sua acção despolarizadora dos cátodos, conseguindo provocar com o hidrogénio a redução dos sulfatos a sulfuretos. Podem viver autotróficamente, apenas necessitando, e desde que haja sulfatos, de um pH de 5 a 9, temperaturas de 18 a 55°C e ausência de oxigénio. Desenvolvem-se e proliferam contudo muito mais ràpidamente se o pH for vizinho da neutralidade, a temperatura de 28 a 38°/C e se existir matéria orgânica e ferro (II). Além de tudo são excepcionalmente resistentes a condições «anormais» (antibióticos, desinfectantes como o cloro, etc.) e sobrevivem mesmo em presença de oxigénio, que apenas evita o seu desenvolvimento. A sua acção é ainda mais grave se forem auxiliadas pelas bactérias oxidantes e aeróbias que, esgotados por exemplo os sulfatos e existindo alternadamente condições de aerobiose e anaerobiose, os regeneram entretanto.

Os solos argilosos satisfazem fàcilmente as condições óptimas para um bom desenvolvimento das bactérias redutoras de sulfatos.

Em consequência das causas possíveis de corrosão, os ensaios a efectuar para caracterizar a agressividade de um solo são geralmente os seguintes:

a) pH — Se o meio é ácido promove a corrosão ácida; quando na zona de neutralidade, há possibilidade de corrosão microbiológica que é impossível em meio básico.
b) Resistividade — Consideram-se solos de nítida agressividade os de resistividade inferior a 5000 ohm.cm.
c) Potencial de oxidação-redução — Revela o grau de oxidabilidade do terreno; um solo só será não corrosivo, sob este aspecto, se o potencial for superior a 400 mV.
d) Teor em sulfatos — Considera-se perigoso a partir de 0,5%.

Dentre os diversos casos de corrosão estudados pelo LNEC escolheram-se os exemplos que melhor exemplificam as causas atrás referidas.

a) — *Sistema de aquecimento por pavimento radiante* [11] — Um estudo levado a efeito sobre as causas de corrosão dum sistema de aquecimento por pavimento radiante exemplifica claramente o tipo de corrosão diferencial devido a contacto do tubo com materiais de características diferentes.

A figura 5 esquematiza a disposição das canalizações de distribuição de água e dos materiais

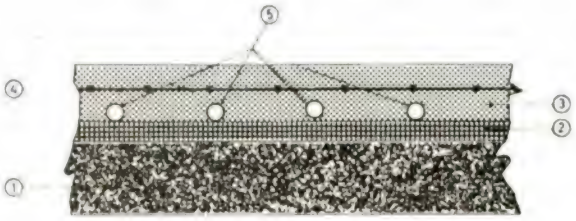


Fig. 5 — Esquema de piso radiante: (1) laje de betão armado; (2) lã de vidro; (3) betonilha; (4) rede de aço e (5) tubos de ferro preto

Dimensionamento de Secções de Betão Armado em Relação à Rotura

Matérias

- Flexão simples de secções rectangulares simplesmente armadas
- Flexão simples de secções rectangulares duplamente armadas
  a) com armadura de compressão reduzida
  b) com armadura de tracção reduzida
- Flexão simples de secções T duplamente armadas
- Flexão simples de secções T duplamente armadas
- Compressão simples
- Flexão composta de secções rectangulares
  a) com armadura simétrica
  b) com armadura de tracção reduzida
  c) com armadura de compressão reduzida
- Flexão composta desviada de secções rectangulares
- Flexão composta de secções em T
  a) com armadura de tracção reduzida
  b) comarmadura de compressão reduzida
- Flexão simples e flexão composta de secções circulares cheias
- Flexão simples e flexão composta de secções circulares ocas
- Esforço transverso

Preço 150$00

Dimensionamento de Secções Circulares de Betão Armado em Relação à Rotura

Matérias

- Flexão simples e flexão composta de secções circulares cheias
- Flexão simples e flexão composta de secções circulares ocas

Preço 60$00

Por J. M. MADEIRA COSTA

ENG.º CIVIL

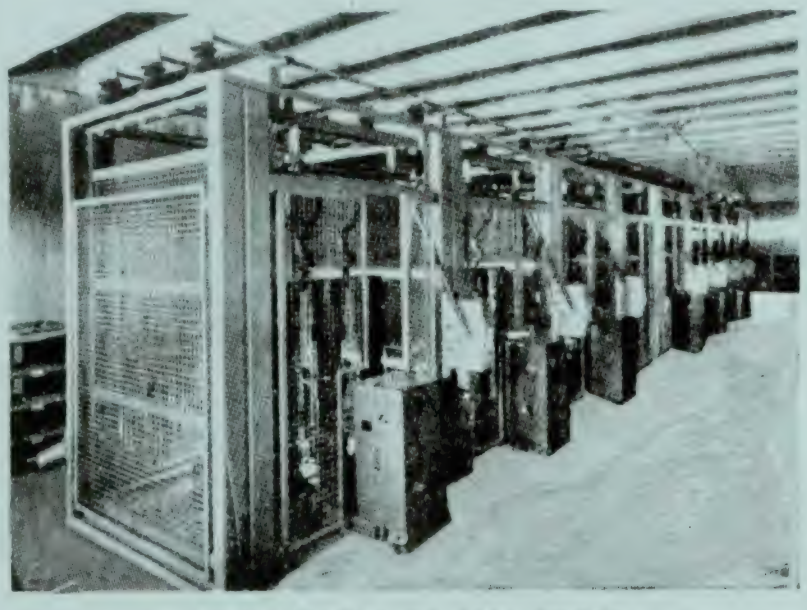
À venda na TÉCNICA e nas LIVRARIAS

ISOLUX L.DA

ESTUDOS E INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Porto
R. Dr. Alfredo Magalhães, 110 - 2º. Dtº.
Tel. 20723

Lisboa
L. Campo Pequeno, 21 - 4º Esq
Tel. 77 00 30/8/9



CELAS ABERTAS DE ALTA TENSÃO

Projectos e instalações eléctricas de:

Centrais
Subestações
Postos de Transformação
Fábricas
Edifícios públicos
Blocos residenciais

- SOLDADURA ELÉCTRICA
- MATERIAL DE PROTECÇÃO

Aparelhagem de medidas eléctricas

- indicadora
- reguladora
- registadora

J. ROMA, L.DA

P. da Figueira, 12, 1.º LISBOA Tel. 865151
P. do Município, 309-6.º S 3 PORTO Tel. 0236732

envolventes e a figura 6 representa uma amostra das mesmas.

O tubo aparecia corroído e perfurado nos locais em que contactava com a lã de vidro, perfuração que se tinha processado 4 a 5 meses após a colocação.

Verificava-se a indispensável presença de água nos locais onde havia perfuração. A higroscopicidade da lã de vidro, contribuindo para a retenção da água, deve ter prolongado a sua acção.

É evidente que, se se tivessem cumprido as boas regras de embeber *completamente* o tubo no betão (pelo menos em espessura de 3 cm), não teria havido corrosão. Assim, o metal adjacente à lã de vidro estava em condições de sofrer corrosão (a lã de vidro tem extracto aquoso ácido) e o embebido no betão estava protegido: daí o estabelecimento de macropilhas diferenciais. Mesmo se estivesse todo envolvido em lã não se corroeria tão depressa, o que se comprovou experimentalmente.

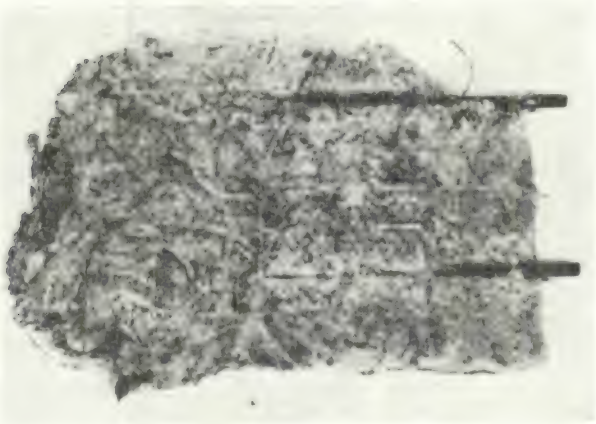


Fig. 6 — Corrosão de canalização parcialmente embebida em betão

b) — *Canalizações enterradas* — Apresentam-se dois casos respeitantes a corrosões verificadas em canalizações de «ferro zincado» de sistemas de distribuição de água. No primeiro [12] apareceram perfurações após 4 anos de instalação, manifestando-se a corrosão sobretudo na parte inferior (Fig. 7).

As informações colhidas e os ensaios efectuados permitiram concluir que não era provável a existência de correntes vagabundas, que o solo *argiloso* tinha um pH de 6,9-7, que existiam sulfatos, matéria orgânica e ferro (II) e que a resistividade do solo estava compreendida entre 1300 e 3500 Ω. cm, isto é, ia de nítida a fortemente agressivo.

A presença de sulfuretos, revelada quando pesquisados no local, e o aspecto e propriedades dos produtos de corrosão sugeriram ser provável uma corrosão por bactérias redutoras de sulfatos. Provou-se de facto a existência destas bactérias no solo e inclusive nos produtos de corrosão (Fig. 8).

É evidente que a causa de corrosão foi essencialmente a acção electrobioquímica das bactérias que viam satisfeitas todas as condições propícias ao seu desenvolvimento.

No segundo caso [13] também a inutilização ocorrera em menos de 4 anos. O exame efectuado revelou que a corrosão era desta vez preferencial do lado superior (Fig. 9), apresentando maior profundidade nas geratrizes laterais.

Fig. 7 — Corrosão de canalização enterrada

O assentamento dos tubos tinha sido feito numa camada de areia, mas depois cobriram-se com terra argilosa.

A A' B B'

Fig. 8 — Ensaio de cultura de bactérias: A' e B' tubos esterilizados. Detectores de sulfuretos: A e A', papel de acetato de chumbo, B e B', fio de ferro

É evidente que, sendo as características da areia e da terra argilosa bastante diferentes, quer no que se refere ao teor em sais quer à resistividade, 4150 e 800 Ω. cm respectivamente, se favoreceu uma corrosão diferencial intensa.

Fig. 9 — Corrosão de um tubo segundo uma geratriz

Comprovou-se também, por meio de ensaios de cultura de bactérias (Fig. 10), a existência de bactérias redutoras de sulfatos na terra argilosa e nos produtos de corrosão, os quais continham sulfuretos em quantidade elevada. O pH desta terra, 7, era igualmente favorável ao desenvolvimento das bactérias. Consequentemente existiu mais esta causa de corrosão, a adicionar à indicada anteriormente.

Neste caso a canalização estava em condições de se corroer ainda mais ràpidamente do que se estivesse rodeada só pela terra e, assim, uma medida tomada com um fim de protecção, assentar os tubos em areia, redundou em aceleração da corrosão porque foi incompleta.

Fig. 10 — Ensaio de cultura de bactérias: à esquerda tubo esterilizado; à direita tubo não esterilizado

c) — *Corrosão numa estrutura de amarração* [14] — Embora não se trate de canalizações cita-se seguidamente, pelas analogias que apresenta, um caso de corrosão de uma estrutura enterrada.

No fim de três anos de construção de um cais verificou-se a queda de um dos painéis respectivos devido à rotura dos tirantes que o sustentavam. Esses tirantes eram constituídos por 12 fios de 5 mm de diâmetro e devem ter estado envolvidos, no seu conjunto, por betume e tela para os isolar do terreno. Assentavam sobre terreno de aterro e, numa pequena extensão, sobre terreno argiloso conforme o esquema representado na figura 11 e a 0,80 m do nível do solo. A variação de nível das águas do Tejo devida às marés era de 3 m.

A figura 12 mostra o aspecto dos fios corroídos junto duma cabeça de amarração, no terreno argiloso.

A observação dos diversos troços de fios mostrou ainda que a corrosão era localizada. Apresentavam-se depressões elípticas concêntricas separadas entre si e abundantes incrustações nalguns troços.

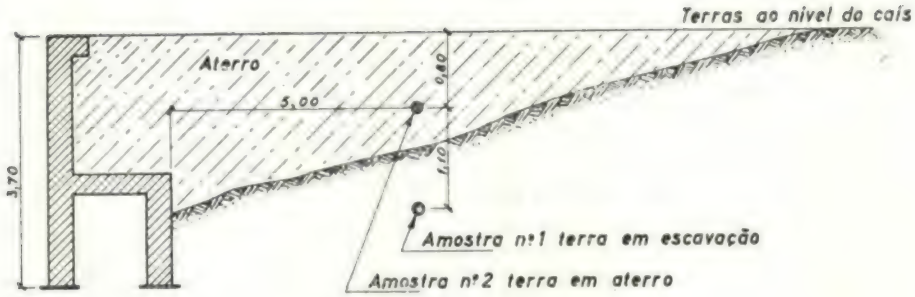


Fig. 11 —Esquema do cais

Os ensaios efectuados sobre os produtos de corrosão, os solos e a água do rio permitiram atribuir o acidente verificado a duas causas principais: uma, aliás de esperar dada a diferença dos terrenos, de origem electroquímica e outra de origem bacteriológica. Para a primeira contribuíram, além da natureza diferente dos terrenos com que o aço contactava — um arenoso (99 % de areia) e o outro argiloso (45 % de silte e argila) —, as variações de concentração salina, de humidade e de arejamento; para a segunda, a elevada percentagem de humidade, o valor do pH, a presença de sulfatos, as condições climáticas do local — fraca precipitação e temperaturas elevadas —favorecem o desenvolvimento de bactérias redutoras de sulfatos que proporcionam a formação do sulfureto de ferro, destruindo o ferro.

Fig. 12 — Corrosão em fios junto de uma cabeça de amarração

É evidente que a deficiência do revestimento betuminoso permitiu o estabelecimento destes processos de corrosão e por outro lado a rapidez com que se atingiu a rotura dos tirantes foi, sem dúvida, motivada pela grande superfície metal solo que o conjunto dos fios proporcionava.

4.2 — Corrosão interna

Em seguimento do assunto que se vem tratando — corrosão nas canalizações — far-se-ão algumas considerações relativas aos factores mais importantes que influenciam a corrosão interna dos tubos das canalizações de condução de água fria ou quente. Neste último caso, além dos factores a considerar para a água fria — salinidade, pH, temperatura e concentração dos gases dissolvidos —, deve ainda ter-se em conta a temperatura da água e a grande diversidade de metais e ligas que em geral existem num sistema de aquecimento (cobre, ferro zincado, bronze e ferro preto) e tornam provável uma corrosão galvânica.

Para a condução de água fria ou quente é corrente a utilização do «ferro zincado», o que, se não traz problemas no caso da primeira, levanta restrições importantes no caso da água quente, como adiante se verá.

Como se sabe, a resistência à corrosão do «ferro zincado» depende da qualidade do seu revestimento de zinco. Se se atender a que as impurezas do zinco consideradas nocivas (estanho, alumínio e ferro) estão dentro dos limites impostos pelas especificações e a que o revestimento é uniforme e aderente, a duração deste em presença de água de determinada natureza ficará dependente da espessura.

Com efeito tem-se verificado que existe, consoante as características da água, uma espessura

crítica abaixo da qual o valor protector do revestimento será muito reduzido. As espessuras mais utilizadas variam entre 43 e 50 μm, aconselhando-se em geral revestimentos mais espessos para as águas de mais baixa dureza e revestimentos menos espessos para as águas duras, visto que estas possibilitam a formação de incrustações protectoras.

Sendo a natureza da água e a sua temperatura os factores que maior incidência têm na corrosão interna das canalizações, impõe-se que se conheçam as características da água, particularmente a sua salinidade, dureza, pH e concentração de gases dissolvidos, além da temperatura de serviço.

Quanto à salinidade e dureza, sabe-se que com águas de pH compreendido entre 7,5 e 9,5, contendo hidrogenocarbonato de cálcio e baixas concentrações de sulfatos, cloretos e nitratos, o ataque do zinco é diminuto devido à formação duma película de carbonatos pràticamente contínua e de pequena solubilidade sobre a superfície metálica. No caso de águas de baixa dureza temporária ou elevadas concentrações de sulfatos, cloretos ou nitratos, podem aparecer picaduras no revestimento a curto prazo. No entanto, as próprias águas capazes de produzir camadas protectoras podem, se a temperatura for suficiente para produzir decomposição térmica do hidrogenocarbonato, tornar-se agressivas não só pelo abaixamento de dureza assim provocado mas também devido à natureza pouco protectora do carbonato precipitado da solução sobressaturada obtida. Os depósitos deste carbonato podem, quando muito abundantes, reduzir apreciàvelmente o diâmetro útil da canalização e até chegar a bloqueá-la completamente.

No que se refere ao pH, há geralmente corrosão para valores baixos e para valores elevados. Por exemplo para água destilada, a variação da velocidade de corrosão do zinco em função do pH da água, é a indicada na figura 13. Para pH de 6 a 12,5 aparece uma película estável de produtos de corrosão que assegura uma reduzida velocidade de corrosão. Além destes limites, a película é instável e consequentemente a velocidade de corrosão é elevada.

A presença do dióxido de carbono desloca a curva para cima visto que favorece a corrosão.

Na maior parte das águas naturais utilizadas para fins domésticos o pH situa-se entre 5,8 e 8,5.

Quanto aos gases dissolvidos, é muito importante a acção do oxigénio e a do dióxido de carbono, sobretudo quando em conjunto.

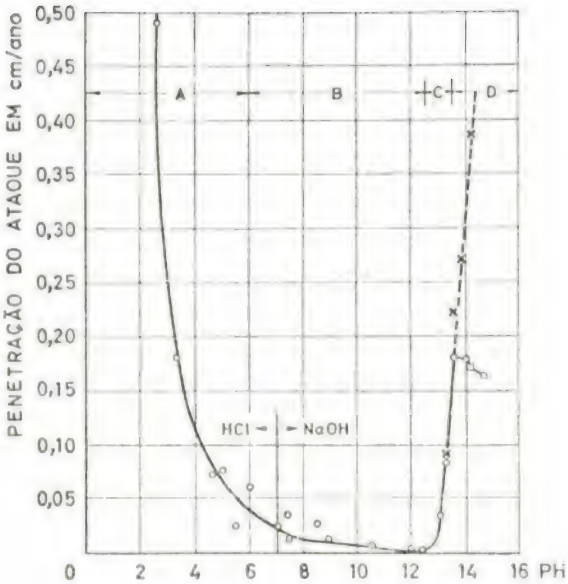


Fig. 13 — Velocidade de corrosão do zinco em função do pH [6]

O oxigénio geralmente aumenta a velocidade de corrosão do zinco. Esta ocorre sob uma forma mais ou menos generalizada se o gás tem uma concentração elevada e é uniformemente distribuído e de fácil acesso à superfície do metal, ou sob a forma localizada quando há zonas onde o gás escasseia e outras em que é abundante, o que é, como se sabe, muito mais prejudicial. Estas condições de arejamento diferencial estabelecem-se fàcilmente a elevadas temperaturas.

A acção nociva do dióxido de carbono traduz-se essencialmente pela não formação de camadas protectoras, dissolução das existentes e abaixamento do pH. No caso da água quente, cujo aquecimento é geralmente feito em permutadores de calor de cobre, o dióxido de carbono facilita também a dissolução desse metal — acção cuprossolvente da água — e de outros metais ou ligas não ferrosas. A dissolução do cobre é particularmente prejudicial para canalizações de ferro zincado onde passem estas águas pois, reduzido e depositado posteriormente, o cobre dá origem a micropilhas, de que é o cátodo. Citam-se [7] casos de corrosão devidos a esta causa para teores em cobre dissolvido tão pequenos como 0,32 mg. dm^{-3}.

Para completar estas breves referências falta apenas considerar o efeito da temperatura.

Estudos feitos com água destilada arejada mostraram que a velocidade de corrosão do zinco variava com o aumento de temperatura do seguinte modo: até 50°C aumenta lentamente com a subida de temperatura, seguindo-se um ataque intenso que alcança um máximo a 65°C; a partir desta temperatura a velocidade de corrosão diminui ràpidamente devido à natureza dos produtos depositados e à menor solubilidade do oxigénio a elevadas temperaturas. Com efeito, os produtos de corrosão são gelatinosos e aderentes de 20 a 50°C, mostram-se granulares e não aderentes para cima de 55°C e tornam-se mais densos a partir de 65°, formando a 100°C uma película compacta, brilhante e muito aderente.

Em águas naturais também se verifica normalmente uma corrosão maior a temperaturas mais elevadas mas há sempre que considerar as propriedades particulares da água. Assim a figura 14 mostra a velocidade de ataque do zinco por uma «água da torneira» em função da temperatura, segundo Beilis [6].

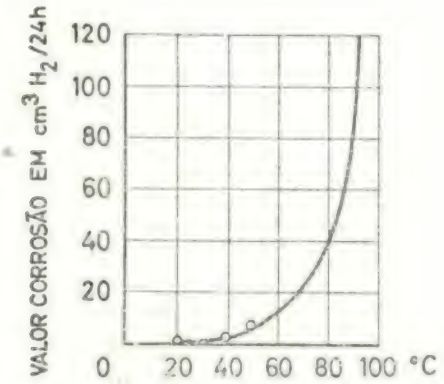


Fig. 14 — Velocidade de corrosão do zinco em «água de torneira»

Além da diferenciação nos produtos de corrosão é também importante a inversão de polaridade do par Fe/Zn que se verifica sobretudo acima da temperatura de 65°C e cujo resultado é o zinco passar a comportar-se como cátodo em relação ao aço. Por isso, em lugar da protecção galvânica que em água fria o zinco pode geralmente assegurar, o aço ficará neste caso em condições de ser ràpidamente corroído.

Para finalizar estas muito resumidas considerações sobre corrosão do interior de canalizações aponte-se apenas que é muitas vezes notória a influência de cotovelos, junções e derivações não só na localização da corrosão como dos depósitos.

Os estudos a seguir mencionados relativos a canalizações de distribuição de água quente concretizam as causas de corrosão internas apresentadas.

a) — *Corrosão num sistema de distribuição de água quente* [15] — Esta instalação era constituída, além da caldeira de aquecimento, por um permutador de cobre, por dois depósitos ligados ao permutador e ao circuito de distribuição por tubos colectores horizontais e verticais e por válvulas de bronze.

Tanto os dois depósitos como os tubos colectores e os de distribuição eram revestidos de zinco, mas nos primeiros o revestimento foi obtido por projecção — metalização — enquanto nos tubos o processo utilizado foi, como é corrente, o de imersão a quente.

O regime de temperaturas era o seguinte: 90°C no interior do tubular do permutador; 50°C nos depósitos e 45° a 60°C nos locais de utilização (casas de banho).

Os produtos de corrosão apareciam desde o início do circuito de distribuição até às banheiras, diminuindo com a distância, tendo-se verificado ainda o seguinte:

— Nas juntas de ligação dos tubos e nos terminais destes encontraram-se, com frequência, bolsas cheias de produtos de corrosão.

— Nos tubos horizontais as incrustações encontravam-se na parte inferior dos tubos; nos tubos verticais quase não existiam; no tubo colector horizontal o ataque era intenso, particularmente à entrada do colector onde uma das bolsas media 1,5 mm de profundidade e 8 mm de ø.

— Os depósitos apresentavam picaduras junto à base e corrosão uniforme nalgumas zonas com depósito acastanhado sob o qual ainda existia zinco.

— Os tubos do permutador apresentavam-se em bom estado.

Dos vários ensaios realizados sobre a água os diversos depósitos e produtos de corrosão verificou-se que predominavam, nos produtos de corrosão, os óxidos de ferro, o carbonato de zinco e existiam diminutas percentagens de cobre, e que a água era agressiva, dados

os elevados teores em oxigénio e dióxido de carbono livre, e continha cobre em solução, o que revelava o seu poder cuprossolvente.

Por consequência os fenómenos de corrosão verificados podem atribuir-se a duas causas principais: acções electroquímicas, devidas a pilhas e a micropilhas galvânicas, e cuprossolvência da água, motivadas essencialmente pela diversidade de metais existente e pelo teor elevado em dióxido de carbono que, facilitando a dissolução do cobre, permitiu a formação de micropilhas.

b) — *Corrosão em canalizações de água quente* — A figura 15 exemplifica uma forma de corrosão que, devido ao volume e forma dos depósitos formados, costuma designar-se por «tuberculação». Geralmente este tipo de corrosão ocorre com águas de elevada alcalinidade bicarbónica.

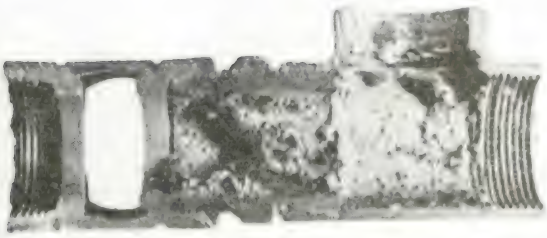


Fig. 15 — Tuberculação em canalização de sistema de água quente

Neste caso a canalização era de aço e as juntas de uma liga de cobre. Para além da corrosão galvânica devida a esta ligação, a influência das juntas, cotovelos e derivações era evidente.

5 — COBERTURAS METÁLICAS

Os metais mais correntemente usados em coberturas de edifícios são o alumínio e o zinco.

Considerar-se-á especialmente o segundo, por ser mais frequente entre nós, embora se façam algumas referências ao primeiro quando for oportuno.

Ambos são utilizados em folha ou em chapa, ondulada ou não, e pode-se desde já citar o perigo de corrosão durante o seu armazenamento e transporte. Com efeito, fazem-se geralmente embalagens de chapas sobrepostas, muitas vezes com papel intercalado; quando em atmosfera húmida, pode verificar-se corrosão na orla das chapas em bandas de largura variável. A introdução de água por capilaridade, seguida do estabelecimento de condições de arejamento diferencial, explica esta corrosão, que é mais grave se o papel não for impermeável e na presença de cloretos.

5.1 — Considerações gerais

Tanto o zinco como o alumínio têm comportamento anfótero, isto é, são atacados quer por soluções ácidas quer alcalinas, resistindo o alumínio melhor que o zinco em meios ácidos e passando-se o inverso em meios básicos. Tomando o zinco, por exemplo, as reacções anódicas e catódicas possíveis são, respectivamente:

em meio ácido

$$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2\,e \qquad \text{(ânodo)}$$

$$2\,H^{+} + 2\,e \longrightarrow H_2\ (\text{gás}) \qquad \text{(cátodo)}$$

em meio alcalino

$$Zn + 2HO^{-} \longrightarrow Zn\,O_2^{2-} + 2\,H^{+} + 2\,e \qquad \text{(ânodo)}$$

$$1/2\ O_2 + H_2O + 2\,e \longrightarrow 2\,HO^{-} \qquad \text{(cátodo)}$$

Tal como no caso do ferro, é importante a acção do oxigénio que continua a ser o despolarizante catódico. Também aqui, da natureza e propriedades dos produtos de corrosão formados depende um possível amortecimento do fenómeno. Na ausência de outros iões que intervenham nas reacções secundárias, o resultado da corrosão do zinco é a formação de hidróxido, que ocorre em variadas formas cristalinas ou não e que por desidratação origina óxido de zinco.

Quanto à acção atmosférica, quer o zinco quer particularmente o alumínio, embora desfavoràvelmente situados na série das forças electromotrizes, resistem bem à corrosão em atmosferas secas ou húmidas.

Esta resistência deve-se à formação de uma película de alumina mais ou menos hidratada

e cristalizada, no caso do alumínio, e de óxido hidratado, bem colmatado pela formação de carbonatos básicos, no caso do zinco. Esta película que se opõe a ataque ulterior é defeituosa e menos resistente em atmosferas industriais devido à acção do gás sulfuroso, verificando-se então que o alumínio, mesmo nestas condições, é dos metais que se comportam melhor e o zinco dos que são mais atacados. Nestas circunstâncias o ataque é do tipo ácido.

As sucessivas «lavagens» naturais ou intencionais que os metais possam sofrer são benéficas porque arrastam os sais nocivos e as poeiras.

Em virtude da posição desvantajosa na série de potenciais electroquímicos, o zinco e o alumínio estão sujeitos a corrosão galvânica quando associados a outros metais mais nobres como o ferro e sobretudo o cobre. Por conseguinte, a sua situação em obra deverá ser sempre tal que não estejam em contacto com esses metais e que nem sequer haja a possibilidade de que as águas que passaram por peças de ferro ou cobre se escoem sobre zinco ou o alumínio, pois isto provocaria a corrosão destes e a deposição daqueles, mais nobres, que ficariam agindo como cátodos.

Tratando-se da superfície interior da cobertura, é particularmente grave a corrosão do zinco provocada por arejamento diferencial em atmosferas nas quais, devido a má ventilação, há possibilidade de condensação de vapor de água.

Neste caso de superfície não exposta é importante ainda considerar a acção dos materiais em que a cobertura assenta.

Nos sistemas habituais de coberturas as chapas de metal assentam sobre madeiras que, se resinosas, bem secas e bem ventiladas, não são materiais agressivos; mas se húmidas e mal secas, todas elas, e em especial as de carvalho e tuia, podem ser causa de corrosão em virtude da sua elevada higroscopicidade. Por isso, quando se prevê a presença de água, se preconiza geralmente a interposição de um feltro ou papel impermeável ou, no caso do alumínio, uma pintura de preferência com produtos betuminosos.

Convém também lembrar a acção dos preservadores da madeira, dos quais são desaconselhados os que contêm cobre (ou mercúrio no caso do alumínio).

Quanto a outros materiais de construção, o betão e argamassas de cimento e o gesso são materiais agressivos para o zinco e, no caso dos primeiros, mais acentuadamente enquanto não se formar a película carbonatada, visto que o hidróxido de cálcio libertado na hidratação do cimento proporcionará um meio alcalino. E assim, no caso do zinco, são desvantajosas as condições indicadas como favoráveis para as armaduras.

O caso do alumínio é pràticamente idêntico, tendo-se encontrado contudo uma opinião de que, após a presa, a acção dos betões e argamassa não é tão perniciosa como se afirma.

5.2 — Exemplos

a) Para ilustrar estas considerações apresenta-se em primeiro lugar um caso de corrosão de uma cobertura de zinco [16].

A figura 16 representa o esquema do suporte da cobertura: laje de betão prefabricada (1) onde

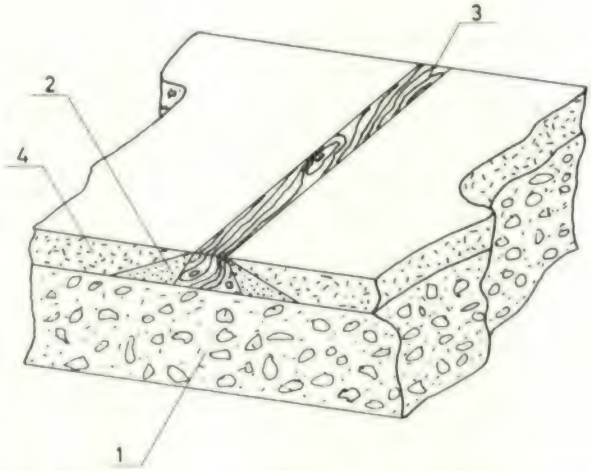


Fig. 16 — Suporte de folhas de zinco duma cobertura

se fixaram por meio de argamassa (2 e 4) ripas (3) de secção trapezoidal e se encheu o espaço restante com argamassa também; as chapas de zinco estavam por sua vez fixadas nas ripas, como se indica na figura 17.

O aspecto exterior da cobertura, o da superfície interior e o de um pormenor da chapa podem apreciar-se nas figuras 18, 19 e 20.

É por demais evidente a influência da junção madeira/argamassa. Com efeito o zinco não apresentava impurezas para além dos limites habitualmente impostos; não havia iões particularmente

agressivos. Apenas o teor em alumínio do zinco indicava uma leve tendência para a corrosão intergranular. A corrosão foi portanto atribuída aos seguintes factores:

Fig. 17 — Fixação das chapas na cobertura

— Possibilidade de condensação de vapor de água por falta de ventilação e manutenção de um maior teor em humidade pela madeira.

— Assentamento simultâneo em dois materiais diferentes, logo possibilidade de formação de células de concentração diferencial.

Fig. 18 – Exterior de cobertura de zinco com perfuração

— Estabelecimento de pilhas de arejamento diferencial, já porque entre argamassas e madeira há sempre fendas devido a diferenças na expansão e contracção, já porque nas ripas havia um maior aperto zinco/suporte.

A água, sem a qual não teria havido corrosão, parece ter sido proveniente de infiltrações pelas juntas ou soldaduras, visto que, conforme informação dada, o zinco tinha sido assente depois do suporte bem seco.

Fig. 19 — Corrosão na superfície interior da folha de zinco

b) O segundo caso de corrosão que se refere [17] não é pròpriamente na vertente de uma cobertura mas numa caleira de zinco de escoamento de uma cobertura. A corrosão ocorreu cerca de 6 meses após colocação.

O suporte da caleira, cuja secção transversal

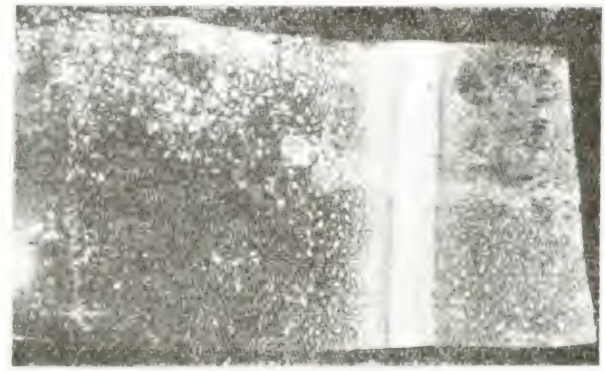


Fig. 20 — Pormenor da figura 19

se esquematiza na figura 21, era de argamassa de cimento.

As chapas estavam interiormente pintadas de cromato de zinco. Só uma parte da caleira, ou melhor uma das duas existentes, se tinha cor-

roído. As figuras 21 e 22 mostram o aspecto das chapas retiradas de ambas as caleiras.

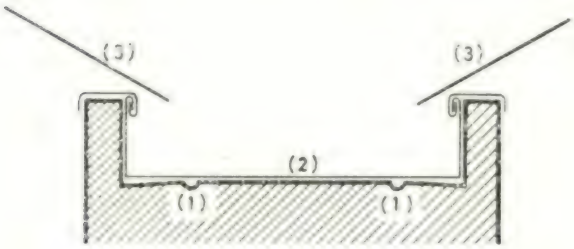


Fig. 21 — Corte transversal da caleira e do suporte: (1) — sulcos no suporte; (2) — caleira; (3) — fibrocimento

As causas que concorreram para a corrosão foram:

— Presença de água: assentamento após cerca de uma semana de acabado o suporte, colocação em tempo chuvoso e sob a chuva;

Fig. 22 — Corrosão na superfície não exposta de folha de zinco de uma caleira

posteriormente, entupimento de um algeroz donde proveio um alagamento subsequente.

— Estabelecimento de condições de condensação e de arejamento diferencial.

— Corrosão acelerada nos pontos não protegidos pela tinta.

— Finalmente, neste caso, parte da responsabilidade pertence ao zinco que era muito susceptível de corrosão intergranular, tanto assim que estava já a corroer-se também na superfície exterior (Figs. 24 e 25).

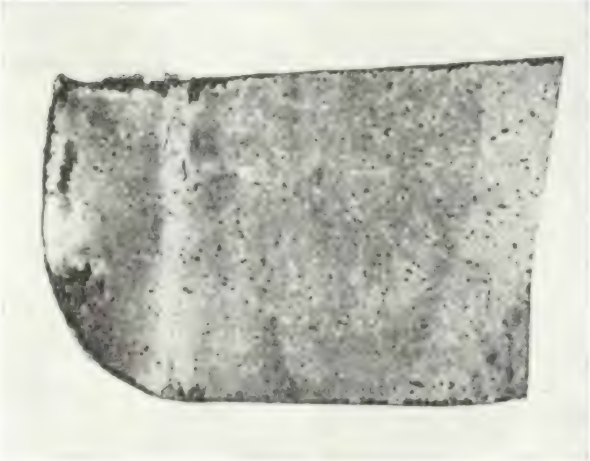


Fig. 23 — Superfície não exposta de folha de zinco sem corrosão

6 — LIGAS DE COBRE

Para finalizar, uma breve referência ao cobre e às suas ligas que se usam com frequência em torneiras, acessórios de canalizações e mesmo em canalizações, embora raramente entre nós, e ainda em transmissores de calor, serpentinas, etc.

6.1 — Considerações gerais

Dada a sua posição na série de potências, o cobre e, embora em menor grau, as suas ligas

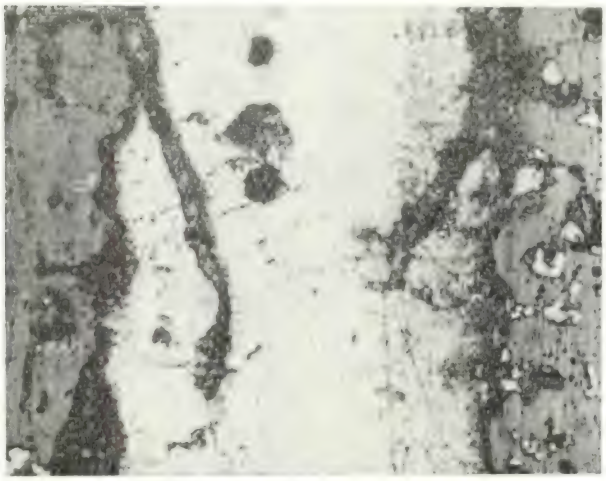


Fig. 24 — Início de esfoliação nas duas faces interior e exterior em chapa de zinco. (100 ×)

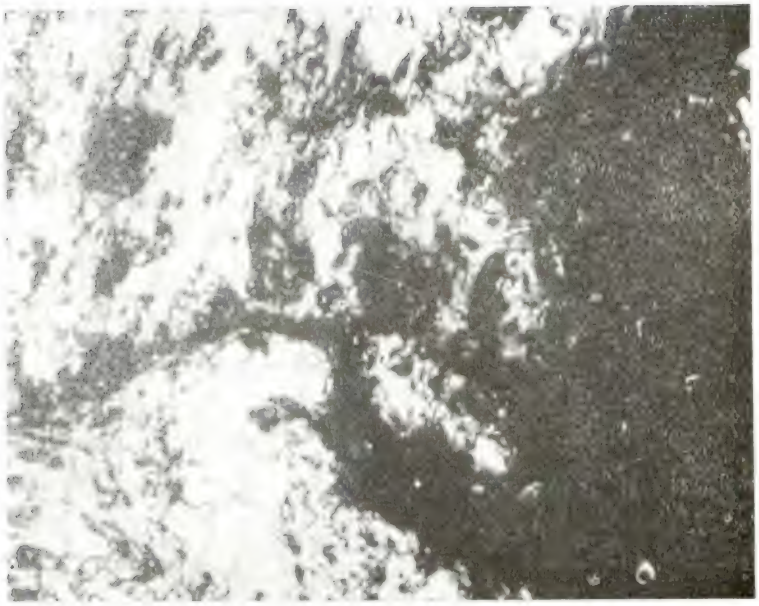


Fig. 25 — Corrosão adiantada de chapa de zinco: fissuras intercristalinas e desmoronamento em grãos (250×)

são bastante resistentes à corrosão e por esse facto podem até ser prejudiciais nas ligações com outros metais nìtidamente menos nobres, como o zinco.

Em exposição atmosférica a sua duração depende da poluição do ar. Geralmente desenvolve-se uma camada protectora de produtos de corrosão, a chamada «patine», que é principalmente constituída por sulfato básico de cobre. Esta camada é resistente a corrosão ulterior e, caso curioso, muito mais se a superfície exposta estiver voltada para o lado do vento, para qualquer grande cidade distante ou para a costa [9].

Contudo, do nosso ponto de vista interessa sobretudo focar a corrosão pelas águas das ligas mais largamente utilizadas: os latões. Estas ligas são bastante sujeitas à corrosão, que depende principalmente do oxigénio dissolvido, do dióxido de carbono, e de outros gases eventualmente existentes como o dióxido de enxofre e o gás sulfídrico. Em águas naturais não poluídas, as ligas de cobre e zinco resistem bastante bem, principalmente se se tratar de águas capazes de formar uma película carbonatada protectora; havendo poluição, existem vários factores que intervêm na corrosão como os teores em gases, em matéria orgânica, em suspensões, etc.

No caso de águas não duras, em especial se de elevado teor em dióxido de carbono, os latões corroem-se fàcilmente, muitas vezes por um processo interessante de corrosão selectiva: a deszincificação.

Embora a designação deste fenómeno seja francamente elucidativa no que se refere ao resultado da sua acção, desaparecimento do zinco, parece não se tratar apenas de uma dissolução ou corrosão do constituinte menos nobre provocada pelo mais nobre. Admite-se que o mecanismo pelo qual se processa seja o de uma solubilização dos dois constituintes, seguida de uma redeposição do cobre com a consequente dissolução de uma nova quantidade de liga e assim sucessivamente. O cobre depositado ou remanescente é muito poroso e de fraca resistência mecânica.

A deszincificação manifesta-se sob duas formas: em camadas ou estratiforme e localizada em pequenas zonas. Como já se frisou, a gravidade da corrosão tem de ser vista em função da forma que assume e da utilização da peça. Assim, por exemplo, em canalizações tem mais importância o último tipo, que leva à perfuração, se bem que se citem casos em que a água, ao evaporar-se depois de atravessar o cobre poroso, tenha deixado uma camada de depósito capaz de impedir o escoamento posterior, o que permitiu o funcionamento da canalização ainda durante anos.

Em virtude do mecanismo de corrosão descrito compreende-se que os produtos de corrosão, no

caso de deszincificação, não contenham cobre e sejam ricos em zinco.

Os latões são tanto mais sujeitos a este tipo de corrosão quanto mais ricos em zinco, podendo dizer-se que não a sofrem a partir de 85 % de cobre. Em compensação, ocorre frequentemente, nos latões geralmente designados por metal «Muntz» que são ligas 60/40, o que se atribui à existência de duas fases α e β das quais a β contém uma maior percentagem de zinco e é mais solúvel. Os latões de teor em cobre superior a 70 %, em que existe pràticamente só a fase α, são mais resistentes sob este aspecto.

Assim a deszincificação é em grande parte uma corrosão directamente ligada à qualidade do metal. Pode combater-se por adição dos chamados inibidores : o arsénio de 0,01 a 0,02 %, o estanho, o fósforo para o latão α, e o antimónio, discutìvelmente.

Contudo há também factores exteriores ao metal que aceleram este tipo de corrosão. Podem citar-se, entre os mais importantes, a falta de arejamento, a estagnação da solução, o contacto com ligas mais nobres, a presença de cloretos e de dióxido de carbono e o recobrimento com camadas porosas.

6.2 — Exemplo de deszincificação [18]

— O exemplo que se apresenta a seguir verificou-se nos tubos de um termoacumulador. Esses tubos eram de latão e neles estavam introduzidas as resistências de aquecimento (Fig. 26). A placa da cabeça deste conjunto era de cobre estanhado (imperfeitamente estanhado) e o todo estava contido numa carcaça de cobre.

A água de funcionamento na ocasião era permutada, mas inicialmente não se fizera a regeneração, o que explica a camada porosa de calcário que cobria os tubos (primeiro factor desfavorável).

A inutilização das resistências, e portanto do aparelho, dava-se quando a água penetrava nos tubos.

A análise dos produtos de corrosão, revelando cerca de 27 % de zinco e ausência de cobre, é que levou neste caso a suspeitar de deszincificação. Como se viu pelas manchas de cobre que apareceram ao removerem-se os produtos de corrosão, a deszincificação localizava-se junto à cabeça e nas extremidades dos tubos também havia umas placas de cobre revestidas de estanho que as ligavam.

Podem ver-se nas figuras 27 e 28 duas micrografias do latão dos tubos, uma tirada antes e outra depois de ataque adequado. Em ambas se pode notar o cobre poroso formado que em vários locais atingia a espessura total e permitia a passagem da água para o interior dos tubos.

Fig. 26 — Tubos de aquecimento dum termoacumulador

O latão era do tipo 70/30 e não tinha qualquer espécie de inibidor.

Ainda neste caso se pode imputar parte da responsabilidade às condições de funcionamento do termoacumulador.

Tínhamos de facto uma água pouco dura mas

Fig. 27 — Fotomicrografia de latão deszincificado antes de ataque (100 ×)

em que se permitiu a formação de uma camada não protectora, presença de cloretos, condições de arejamento pouco fácil e ainda a influência, que parece evidente, das peças do cobre mal estanhado. Com efeito junto das extremidades, onde havia contacto com estas peças, é que havia corrosão intensa. Em ensaios de laboratório verificou-se que se dava uma corrosão mais rápida do tubo de latão quando na presença de cobre mal estanhado. Supõe-se que se trate do fenómeno conhecido de formação de uma liga cobre-estanho que é catódica em relação ao latão e ao próprio cobre. A deszincificação era ainda mais rápida quanto à temperatura de funcionamento do termoacumulador, 60 °C.

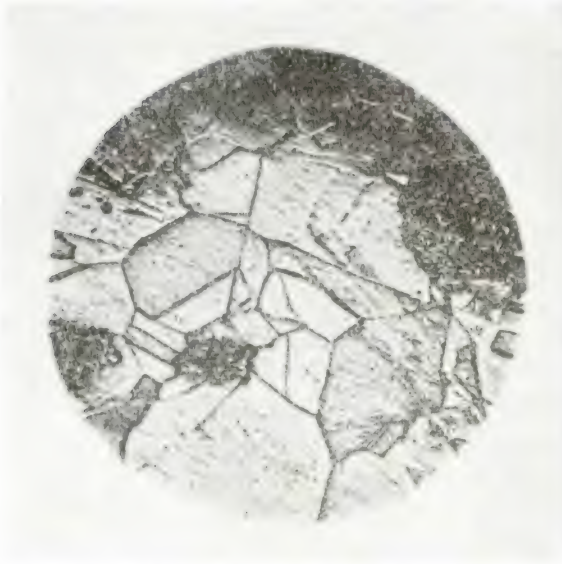


Fig. 28 — Idem, figura 27 depois de ataque

Assim, mesmo neste caso em que a principal causa de inutilização era de facto a qualidade do metal, ainda se poderá dizer que a vida do material teria sido mais prolongada se se tivessem evitado os inconvenientes citados.

7 — CONCLUSÕES

As considerações feitas sobre os casos de corrosão apresentados e o estudo de outros impõem que, ao terminar, se chame a atenção, em particular daqueles que se dedicam à construção civil, para o facto de o conhecimento dos materiais apropriados e das condições de serviço que minimizam a corrosão ser tão importante como o conhecimento das característiicas mecânicas desses materiais, visto que uma corrosão prematura pode invalidar os melhores cálculos.

Seria pois do máximo interesse que, ao serem elaborados os cadernos de encargos, fossem igualmente considerados os cuidados de construção e as características do material que melhor asseguram a sua durabilidade do ponto de vista da resistência à corrosão.

BIBLIOGRAFIA

[1] — Mozer, J; Bianchini, A. C; Kesler, C. — *Corrosion of Reinforcing Bars in Concrete*. J.A.C.I. Proceedings *62* (8), Agosto 1965.

[2] — Shalon, R.; Raphael, M. — *Influence of Sea Water on Corrosion*. J.A.C.I. *30* (12), Junho 1959.

[3] — Arpaia, M. — *Conduites en béton précontraint et phenoménes de corrosion*. Tribune du Cebedeau, n.os 250-251, Set. Out. 1964.

[4] — Lewis, D.A. — *Some aspects of the corrosion of steel in concrete* C.S.I.R. Reference n.º RD-24 National. Building Research Institute, South African Council for Scientific and Industrial Research. Pretória.

[5] — Hudson — *The Corrosion of Iron and Steel and its Prevention*. The Dock & Harbour Authority, vol. XXXIV, n.os 392, 393, 394 e 395, 1953.

[6] — Mc Kay, Worthington — *Corrosion Resistance of Metals and Alloys*. Monograph Series n.º 71. Reinhold Publishing Corporation — New York, 1936.

[7] — Butler ; Ison — *Corrosion and its prevention in Waters*. Leonard Hill, Londres, 1966.

[8] — Bulow, C.L. — *Copper — Zinc Alloys* — in Uhlig — «Corrosion Handbook». John Wiley & Sons, Inc, New York 1953.

RELATÓRIOS DO LNEC

[9] — Estudo das causas de corrosão das armaduras de pilares de betão da E.C.P.P. Proc.º 24/1/2666, 1966

[10] — Causas de corrosão de estrutura industrial. Proc.º 24/1/3563, 1969.

[11] — Causas de corrosão de tubos de ferro preto. Proc.º 24/1/2532, 1965.

[12] — Estudo das causas de corrosão de tubos de ferro zincado na E.I.C.A. Proc.º 24/1/2116, 1964.

[13] — Estudo das causas de corrosão da canalização da E.I.M.P. Proc.º 24/1/3276, 1968.

[14] — Estudos referentes ao cais de V.N. Estudos das possíveis causas de corrosão. Proc.º 607-II, 1960.

[15] — Estudo da corrosão do circuito de água quente do H.T. Proc.º 259-III, 1960.

[16] — Estudo das causas de corrosão da cobertura de E.I.C.M. Proc.º 24/1/3047, 1967.

[17] — Causas de corrosão de caleira de chapa de zinco. Proc.º 24/1/3903, 1969.

[18] — Corrosão no sistema de aquecimento de água do H.S.M. Proc.º 284-III, 1961.

C. D. U. 624.21.036.3

PONTES EM CURVA—CONTRIBUIÇÃO PARA O SEU CÁLCULO

por MANUEL AUGUSTO LOPES
Eng.º Civil (U. P.) do Serviço de Pontes e Estrutnras Especiais da Companhia dos Caminhos de Ferro Portugueses

RESUMO

Formula-se o problema da distribuição de esforços em vigas de pontes com via em curva. Dá-se um exemplo concreto duma ponte para a qual se analisa, através dum diagrama, como variam as sobrecargas nas vigas exterior e interior em função da velocidade, procurando-se, em posterior generalização, chamar a atenção para a necessidade de, em cálculos similares, fazer variar o factor velocidade da sobrecarga rolante, para que do facto resulte um cálculo exacto e em condições de segurança para este tipo de estruturas.

SYNOPSIS

We develop the problem of the stress distribution in bars of bridges with curve tracks.

We analyse through a diagram the overload variations in the exterior and interior bars with speed on a pratical example, trying in a later development to call for the need of in such computation to vary the rolling overland speed factor so that it will produce an exact and in safety condition computation por this kind of structures.

1 — PROBLEMA A RESOLVER

A primeira questão que se formula ao elaborar o cálculo de pontes com via em curva, é a de saber em que proporção de distribuem as solicitações nas longarinas, carlingas e vigas principais porquanto, numa ponte inserida em curva, o eixo longitudinal sobre o qual se materializa a aplicação das sobrecargas rolantes não coincide com o eixo de simetria da ponte, pelo simples facto de sobre ela se praticar a necessária sobreelevação.

A formulação do referido problema é tratada dum modo realista e objectivo. Omitem-se, intencionalmente, os cálculos subsequentes não só porque nos desviaríamos do tema que nos propusemos abordar, como, tudo o mais que se seguiria, seria «ipsis verbis» o cálculo duma ponte em recta.

2 — FORMULAÇÃO MATEMÁTICA QUANTITATIVA DAS SOBRECARGAS SOBRE CADA VIGA DUMA PONTE EM CURVA

A força centrífuga dum veículo de peso P por eixo ao descrever uma curva de raio R (metros) com uma velocidade v (metros/seg.) é dada, como se sabe, por:

$$\overrightarrow{F_C} = \frac{v^2}{gR}\overrightarrow{P}$$

Se a velocidade for expressa não em metros/seg. mas sim em km/hora, e se na expressão anterior atribuirmos a g o valor de 9,8 m/s^2 temos que

$$\overrightarrow{F_C} = \frac{V^2}{127R}\overrightarrow{P}$$

Do esquema apresentado pode deduzir-se o seguinte:

$$\operatorname{tg}\alpha \simeq \operatorname{sen}\alpha = \frac{E}{b} = \frac{\varphi_1}{h} = \frac{\overrightarrow{F_C}}{\overrightarrow{P}}$$

b — bitola da via com sobrelargura
E — escala

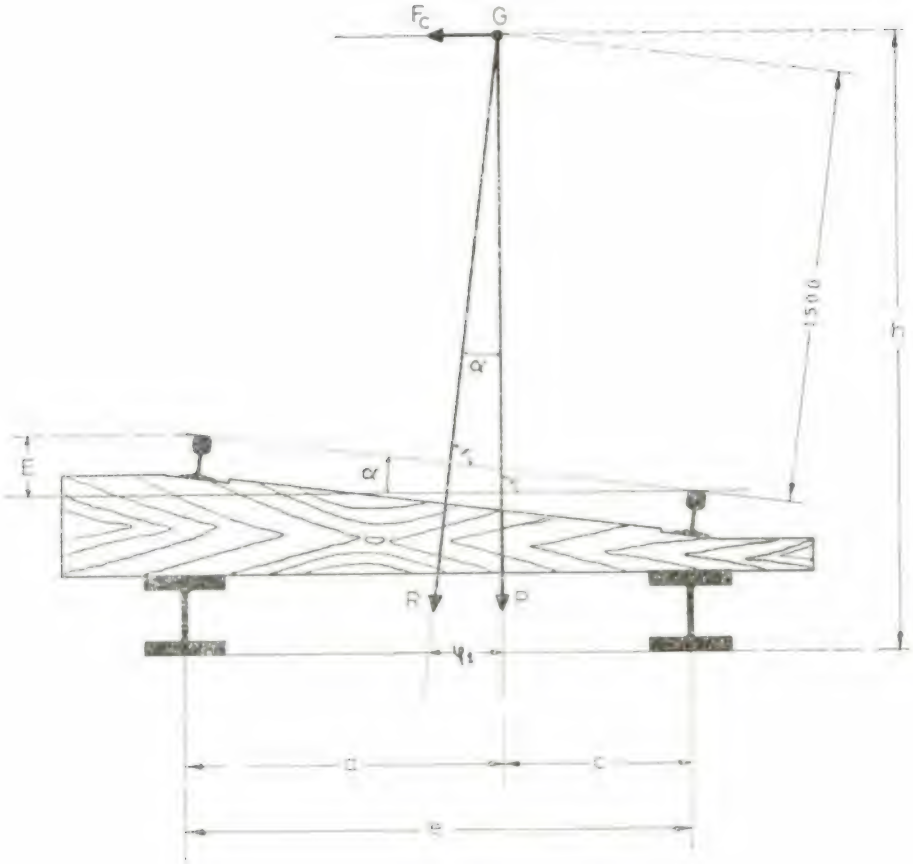
$$\varphi_1 = \frac{\overrightarrow{F_C}}{\overrightarrow{P}}\,h$$

$$E = \frac{b}{\overrightarrow{P}}\,\overrightarrow{F_C}\text{; mas com } \overrightarrow{F_C} = \frac{V^2}{127R}\overrightarrow{P}$$

$$E = \frac{b}{\overrightarrow{P}}\,\frac{V^2}{127R}\,\overrightarrow{P} \text{ ou seja}$$

$$E = \frac{bV^2}{127R} \text{ Temos também que } \overrightarrow{P} =$$

ESQUEMA



$$= \frac{127R}{V^2} \overrightarrow{F_C} \; e$$

$$\varphi_1 = \frac{V^2}{127R} \; h$$

Ora a resultunte $\overrightarrow{R}$ da $\overrightarrow{F_C}$ e do peso $\overrightarrow{P}$ intercepta, como se vê no esquema, o plano inferior das vigas a uma distância $c + \varphi_1$ da viga interior e a $a - \varphi_1$ da viga exterior, donde, os valores das sobrecargas sobre as vigas interior e exterior serem respectivamente de:

$$\overrightarrow{S_i} = \frac{a - \varphi_1}{e} \cdot \overrightarrow{P} \quad e$$

$$\overrightarrow{S_e} = \frac{c + \varphi_1}{e} \cdot \overrightarrow{P}$$

Substituindo nas expressões anteriores φ_1 pelo seu valor obteremos:

$$\overrightarrow{S_i} = \frac{a - \frac{V^2}{127\,R} h}{e} \cdot \overrightarrow{P}$$

$$\overrightarrow{S_e} = \frac{c + \frac{V^2}{127\,R} h}{e} \cdot \overrightarrow{P}$$

pelo que, tomando $a = e - c$ e dividindo membro a membro as expressões temos finalmente:

$$\frac{\overrightarrow{S_i}}{\overrightarrow{S_e}} = \frac{e - \left(c + \frac{V^2}{127\,R} h\right)}{c + \frac{V^2}{127\,R} h}$$

equação que nos dá, conhecendo o valor do 2.º membro, a relação entre as sobrecargas nas duas vigas.

3 — EXEMPLO DE CÁLCULO DUMA PONTE EM CURVA

De acordo com o referido em 1, interessa-nos verificar como varia $\overrightarrow{S_i}/\overrightarrow{S_e}$. Para tanto, consideremos, como ponto de partida para uma posterior generalização, o cálculo dum pontão metálico constituido por duas vigas principais de alma cheia sob carris inserido numa curva de 4375 metros de raio e que se localiza ao km 175,625.250 da Linha do Norte.

A distância entre eixos de vigas é de 1750 mm e a sobrecarga, aplicada regulamentarmente a 1500 mm acima dos carris e na perpendicular à mesa de rolamento, intercepta o plano do contraventamento inferior das vigas a uma distância c da viga interior igual a 840 mm, estando G à distância de 2080 mm daquele contraventamento. Estes valores foram obtidos gràficamente. Assim, e de acordo com o esquema apresentado temos em resumo:

$e = 1750$ mm

$c = 840$ mm

$h = 2080$ mm

$R = 4375$ metros

Substituindo na expressão geral apresentada em 2. obtemos a relação:

$$\overrightarrow{S_i} = \frac{910 - \dfrac{V^2}{267}}{840 + \dfrac{V^2}{267}} \cdot \overrightarrow{S_e}$$

que nos pode informar como varia o cociente $\overrightarrow{S_i}/\overrightarrow{S_e}$ em função da velocidade.

4 — TRADUÇÃO GRÁFICA DA FUNÇÃO

$$\overrightarrow{S_i} = f(\overrightarrow{S_e})$$

Para o traçado gráfico da função $\overrightarrow{S_i}/\overrightarrow{S_e}$ foram elaborados os necessários cálculos que nos dispensamos de apresentar.

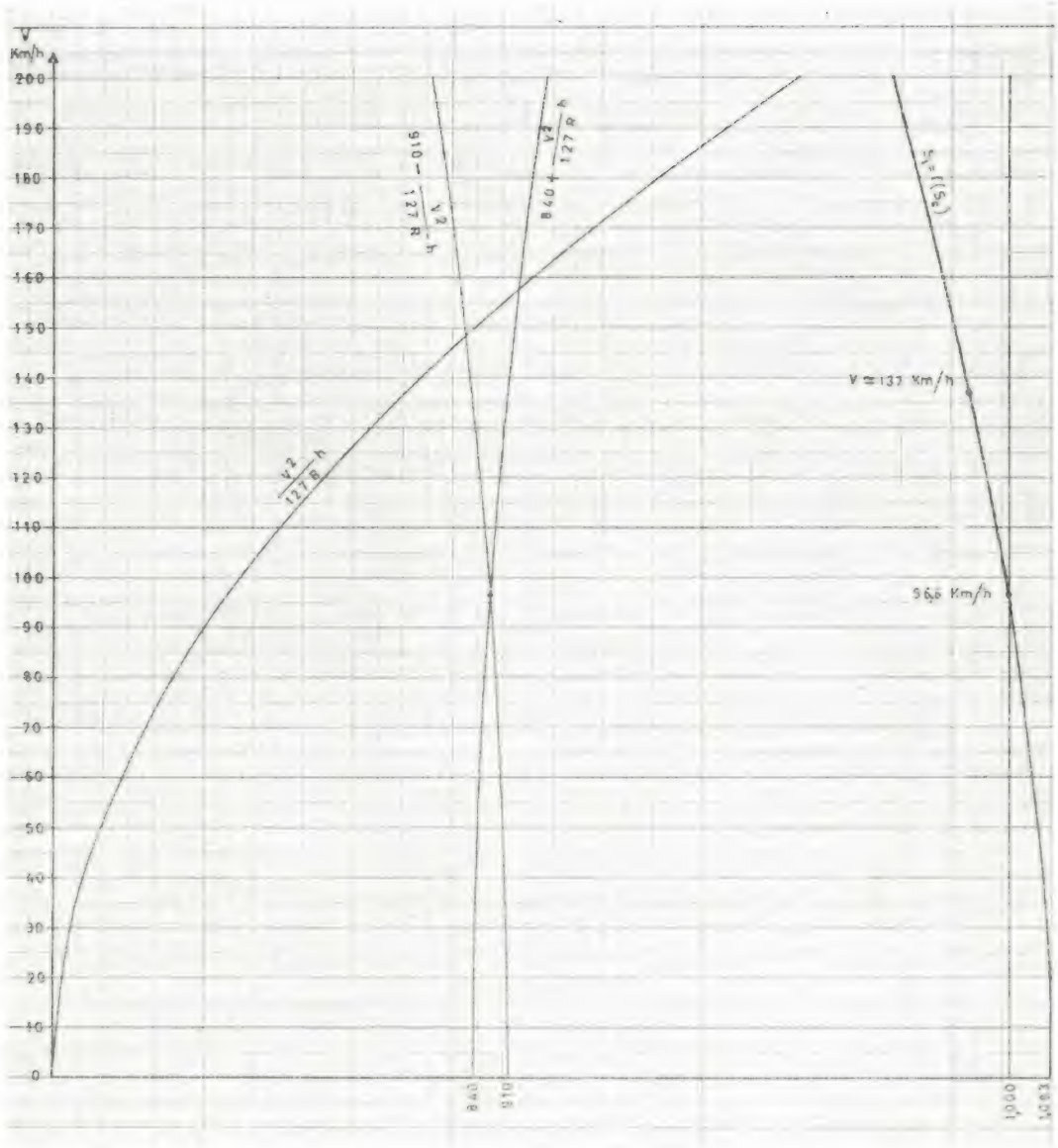
Em suma, são apresentadas seguidamente as curvas, para o caso concreto anteriormente referido, de: $\dfrac{V^2}{127R}\,h = \dfrac{V^2}{267}$; $910 - \dfrac{V^2}{127R}\,h$; $840 + \dfrac{V^2}{127R}\,h$ e finalmente a tradução gráfica pretendida $\overrightarrow{S_i}/\overrightarrow{S_e}$, em função da velocidade que fazemos variar de 0 a 200 km/hora.

5 — INTERPRETAÇÃO DA FUNÇÃO $\overrightarrow{S_i} = f(\overrightarrow{S_e})$ E CONCLUSÕES

Da análise do gráfico apresentando, isto é, da curva que nos dá a relação entre S_i (sobrecarga a considerar na viga interior) e S_e (sobrecarga na via exterior), e para a ponte em curva concretamente apresentada, infere-se, por considerações analíticas, que para a velocidade de 96,6 km/hora as duas vigas ficam igualmente sobrecarregadas, donde, ser indiferente considerar uma ou outra para efeito de dimensionamento. Também se conclui do mesmo gráfico que, para velocidades inferiores a 96,6 km/hora é a viga interior a mais sobrecarregada e, desde que se pratiquem velocidades superiores àquele valor, será a viga exterior a mais solicitada. Também se infere que, para (e só para) $V = 0$ km/hora (sobrecarga estática) e $V \simeq 137$ km/h, as duas vigas ficam sobrecarregadas em condições análogas, simplesmente, para a carga estática o dimensionamento (igual para as duas vigas) é feito para a viga interior e para o segundo valor da velocidade efectua-se o cálculo para a viga exterior.

Para velocidades superiores a 137 km/hora e para o caso apresentado, a viga que comanda o dimensionamento — caso que mais ocorre no cálculo — é a exterior e, adoptando-se a mesma secção para as duas vigas, que é a prática corrente, teremos, como é lógico, sobredimensionada a viga interior.

Generalizando todas as considerações feitas, pretende-se chamar a atenção ao terminar este



Pontão ao km 176,625.300 — Linha do Norte

trabalho, para o facto de que por vezes, erradamente, se considera o dimensionamento ùnicamente para a viga exterior, esquecendo que, por motivos ocasionais, por exemplo, um afrouxamento imprevisto, pode resultar para a viga interior duma ponte em curva tensões de serviço superiores às consideradas habitualmente. Daqui a necessidade de, em estudos similares, entrar em consideração com o factor velocidade, fazendo variar a mesma nos respectivos cálculos.

Resumo dos artigos publicados na Técnica n.º 399-400

Ano XLV — Junho-Julho 1970

E. R. de Arantes e Oliveira — C. D. U. 517.96

Theoretical foundations of the finite element method

Técnica No. 399-400 — XLV — 6-7. 1970, pág. 435-454.

O método dos elementos finitos é hoje o instrumento mais geral, e um dos mais eficientes, da análise de estruturas. É por outro lado uma técnica matemática geral, e o fim principal deste trabalho será apresentado como tal utilizando a Análise Funcional como linguagem ideal para a formulação abstracta geral.
Um critério geral de complexidade é pois justificado neste trabalho.
Prova-se finalmente que um tal critério é também um critério de convergência, isto é, uma condição suficiente de convergência, mesmo em casos em que a conformidade entre elementos não se verifique.

B. B. Argent — C. D. U. 669.1

Progressos recentes na indústria do aço

Técnica No. 399-400 — XLV — 6-7. 1970, pág. 455-466.

Nesta conferência fez-se uma revisão de alguns dos progressos mais prometedores na indústria do aço que poderão vir a afectar o equilíbrio entre a procura e a capacidade de produção. Analisaram-se, portanto, técnicas recentes de redução do ferro, aciaria e fabricação no que diz respeito aos seus problemas tecnológicos e viabilidade económica. Foi dado ênfase ao papel que o controle desempenha no «management» e na tecnologia. Discutiu-se ainda, sumàriamente, a importância que estes novos progressos poderão vir a ter no futuro da indústria portuguesa do aço.

H. Duarte-Ramos — C. D. U. 621 : 331.713

Teoria da quantificação das actividades profissionais e sua aplicação à engenharia electrotécnica

Técnica No. 399-400 — XLV — 6-7. 1970, pág. 467-473.

Através da noção de plenitude, que traduz a relação entre uma actividade e os problemas gerais da respectiva profissão, estabelece-se uma teoria de quantificação, que aplicada à engenharia electrotécnica ordena as actividades disponíveis na sociedade.

L. Martins dos Santos — C. D. U. 532.533.001.57
624.152.632 : 627.82

Ensaios em modelo reduzido do galgamento das ensecadeiras de Cabora-Bassa

Técnica No. 399-400 — XLV — 6-7. 1970, pág. 475-486.

As ensecadeiras da barragem de Cabora-Bassa são de enrocamento e poderão ser galgadas por caudais que poderão atingir 10 000 m^3/s.
No sentido de procurar a melhor localização, forma e protecção das ensecadeiras de modo a que os paramentos fiquem estáveis quando houver galgamento, realizaram-se ensaios num modelo reduzido à escala geométrica 1/75 explorado segundo a lei de Froude.
Os ensaios realizados conduziram a uma alteração da ensecadeira de montante, e a obtenção duma protecção, que se considerou eficiente, de gabiões de $4 \times 1{,}5 \times 1{,}5$ metros e porosidade conveniente.

Duarte Silva, Marçal Grilo — C. D. U. 620.173 : 539.4.013
539.4.013
539.313

O ensaio modificado de Cook e Larke

Técnica No. 399-400 — XLV — 6-7. 1970, pág. 487-492.

Quando se realiza um ensaio de tracção simples a fim de obter a curva de variação de tensão em função da extensão para um dado material, deve considerar-se a formação da estricção como um factor perturbador da interpretação dos resultados do ensaio.
Os ensaios de compressão de provetes com diferentes relações diâmetro-altura, permitem obter, para o material, uma curva básica tensão-extensão independente do efeito de estricção.
Neste trabalho descreve-se como se obteve por este método, utilizando quatro provetes diferentes, uma curva tensão-extensão para o cobre puro.

Antera V. Seabra, Maria Tavares Cravo — C. D. U. 691 : 620.193
691.873 : 620.193

Casos de corrosão de materiais de construção

Técnica No. 399-400 — XLV — 6-7. 1970, pág. 493-512.

Após uma breve introdução sobre corrosão metálica focam-se os tipos de corrosão a que alguns metais mais correntemente utilizados na construção civil podem estar sujeitos e as causas que os provocam.
Apresentam-se para exemplificação alguns casos típicos estudados pelo LNEC.

M. Augusto Lopes — C. D. U. 624.21.036.3

Pontes em curva — Contribuição para o seu cálculo

Técnica No. 399-400 — XLV — 6-7. 1970, pág. 513-516.

Formula-se o problema da distribuição de esforços em vigas de pontes com via em curva. Dá-se um exemplo concreto duma ponte para a qual se analisa, através dum diagrama, como variam as sobrecargas nas vigas exterior e interior em função da velocidade, procurando-se, em posterior generalização, chamar a atenção para a necessidade de, em cálculos similares, fazer variar o factor velocidade da sobrecarga rolante, para que do facto resulte um cálculo exacto e em condições de segurança para este tipo de estruturas.

Synopsis of articles published in «Técnica» nº 399-400

XLV — June-July 1970

U. D. C. 620.137.539.4.013
539.4.013
539.313

Duarte Silva, Marçal Grilo

Cook and lark's test

Técnica No. 399-400 — XLV — 6-7. 1970, pag. 487-492

When a simple tension test is conducted, to obtain the stress strain curve of a material, the formation of the neck must be considered as a prejudicial factor of the experiment.
The compression tests with specimens which have different ratio Diameter/Length, allow us to reach a basic stress strain curve for the material independent of neck effect.
Using four diferent specimens, a basic stress strain curve is obtained on this experimental work. The material is pure copper.

Antera V. Seabra, Maria Tavares Cravo

U. D. C. 691.620.193
691.873 : 620.193

Corrosion in building materials

Técnica No. 399-400 — XLV — 6-7. 1970, pag. 493-512

After a brief introduction to metal corrosion, the types of corrosion that may occur in some metals most currently used in building construction and the corresponding causes are indicated.
As an ilustration, some typical cases studied at the LNEC are presented.

M. Augusto Lopes

U. D. C. 624.21.036.3

Curved Bridges — Contribution for its calculation

Técnica No. 399-400 — XLV — 6-7. 1970, pag. 513-516

We develop the problem of the stress distribution in bars of bridges with curve tracks.
We analyse through a diagram the overload variations in the exterior and interior bars with speed on a pratical example, trying in a later development to call for the need of in scuh computation to vary the rolling overland speed factor so that it will produce an exact and in safety condition computation por this kind of structures.

Eduardo R. de Arantes e Oliveira

U. D. C. 517.96

Theoretical foundations of the finite element method

Técnica No. 399-400 — XLV — 6-7. 1970, pag. 435-454

The finite element method is nowadays the most general and one of the most powerful tools for the analysis of structures.
It is also a general mathematical technique and the main concerne of the paper is to present it in this light. Functional Analysis is used as the ideal frame for a general abstract formulation.
A general completeness criterion is justified in the paper. It is finally proved that such criterion is also a general cnnvergence criterion, i.e. a suficient condition for convergence even if conformity is not achieved.

B. B. Argent

U. D. C. 669.1

Recent techniques of the steel industry

Técnica No. 399-400 — XLV — 6-7. 1970, pag. 455-466

Some of the most promising developments in the steel industry which are likely to affect the balance between demand and production capacity have been reviewed. Recent techniques used in ironmaking, steelmaking and fabrication have therefore been analised with respect to their tecnological problems and economic viability. Special emphasis was given to the part that control plays in management and in technology. The importance that these new developments may have in the future of the portuguese steel industry was briefly discussed.

H. Duarte-Ramos

U. D. C. 621.3:311.713

Quantification theory in professional activities and its application in electrical engineering

Técnica No. 399-400 — XLV — 6-7. 1970, pag. 475-486

The relation between an activity and the essential problems of a profession makes possible the quantification of the profession. By means of this theory the electrical engineering activities are ordened.

L. Martins dos Santos

U. D. C. 532.533.001.57
624.152.632 : 627.82

Overtopping test in model of Cabora-Bassa cofferdams

Técnica No. 399-400 — XLV — 6-7. 1970, pag. 475-486

The cofferdams for the construction of the Cabora-Bassa dam are rock-fill mounds that can be overtopped by discharges up to 10 000 m^2/s.
With a view to studying the best location, shape and protection for the cofferdams so as to obtain slopes that remain stable when overtopped, a model to a geometric scale of 1/75 obeying Founde's similitude law was tested. The tests led to a change in the shape of the upstream cofferdam and to a protection deemed efficient, consisting in 4 × 1,5 × 1,5 m gabions with a suitable porosity.

BIBLIOGRAFIA

Classificadores responsáveis: Geraldo ernandes, José Oliveira Paulo, Pedro Martins e Raul Pereira da Costa

Serão criticadas as obras cujo assunto esteja no âmbito da «Técnica» e de que nos sejam enviados dois exemplares.

As revistas recebidas na Redacção, de que se publica uma selecção de fichas de artigos ordenadas pela Classificação Decimal Universal, podem ser consultadas na Biblioteca da A.E.I.S.T.

ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. U. 001.89 (469)

A investigação em Portugal — *Manuel Rocha.*

Electricidade, 5-9-970, vol. XIV, n.º 65, pág. 145-151.

É feita uma análise sucinta da situação da investigação em Portugal e frizada a dificuldade da sua melhoria, em virtude da extrema carência de quadros. São mencionadas as medidas tidas como prioritárias para a intensificação, que é considerada urgente, das actividades conducentes à inovação tecnológica.

C. D. U. 534.832.7 : 621.63 : 621.313

Réduction des tons de sirène dans les ventilateurs centrifuges des machines tournantes par des mesures de construction nouvelles — *Ploner Bruno, Herz Franz.*

Rev. Brown Boveri, t. 56 (1969), n.º 6, p. 280 a 287.

Nas máquinas eléctricas rotativas, de execução compacta produzem-se por vezes, ruídos de sirene desagradáveis. As pesquisas experimentais que estão na base deste trabalho e que foram efectuadas num ventilador servindo de modelo, mostram que se podem combater eficazmente tais ruídos.

C. D. U. 551.494 : 338.984

Desenvolvimento económico social do Sul de Angola. Aproveitamento hidráulico do Cunene — *Beltencourt F. Morêno.*

Electricidade, 5-6-970, vol. XIV, n.º 65, pág. 152-160.

O autor delimita a região Sul de Angola, caracteriza-a do ponto de vista geo-económico e individualiza os obstáculos a o desenvolvimento ecónomico. Delineia seguidamente uma estratégia para que se processe o desenvolvimento económico baseado na regularização dos caudais dos cursos permanentes, no melhoramento da pecuária em condições modernas e na criação de polos de desenvolvimento complexos com base na rega.

Dá uma ideia do esquema hidráulico do Cunene e mostra como este se insere na estratégia proposta. Indica as circunstâncias em que o esquema foi elaborado e está a ser concretizado.

C. D. U. 62.006.2 (494)

Le centre de recherche Brown Boveri, ses tâches principales — *Speiser Ambros Paul.*

Rev. Brown Boveri, t. 56 (1969), n.º 6, p. 261 a 271.

O programa de actividades deste centro inclui a física dos sólidos, a física dos plasmas e a técnica de medidas ópticas utilizando bases.

C. D. U. 620.171.5

Procédé photographique de visualisation par photoélasticité des lignes isostatiques donnant les directions des contraintes principales — *Risch Rudolf, Gribi Walter.*

Rev. Brown Boveri. t. 56 (1969), n.º 6, p. 272 a 275.

Os autores descrevem um processo que permite tornar visíveis nas fotografias fotoelásticas, não sòmente as isocromáticas mas também as linhas isostáticas.

C. D. U. 621.311.1

Réalisation économique de l'extension d'un réseau électrique — *Oplatka Georg.*

Rev. Brown Boveri, t. 56 (1969), n.º 4, p. 164 a 174.

O autor descreve uma instalação composta por 3 equipamentos idênticos destinados a pôr em movimento máquinas situadas num local de uma fábrica de indústria química em atmosfera explosiva.

C. D. U. 621.313.2-213.34

Equipements d'entraînement alimentés par convertisseur statiques pour atmosphères explosives — *Bassfeld Günther.*

Rev. Brown Boveri, t. 56 (1969). n.º 4, p. 175 a 179.

Definem-se as noções de sobrevivência e duração de vida aplicada ao homem e à técnica e apresentam-se os factores principais, que contribuem para os envelhecimentos térmico, eléctrico e mecânico.

C. D. U. 621.314.2

Estudo comparativo de transformadores sob o ponto de vista económico — *J. Pires Lopes.*

Engenho, 4-6-970, vol. 25, n.º 2, pág. 43-48.

Após algumas considerações sobre o interesse do estudo económico comparativo de máquinas eléctricas são focados os critérios de definição de vida média, perda de vitalidade e duração de vida de transformadores. Consideradas as condições de funcionamento previstas, é apresentado o cálculo do custo de perdas para a determinação dos custos financeiros ou actuais,

SOCIEDADE DE CONSTRUÇÕES AMADEU GAUDÊNCIO

ESCRITÓRIO E OFICINAS R. ALEXANDRE BRAGA, 4-A LISBOA

ARQUITECTURA E ENGENHARIA

CONSTRUÇÕES CIVIS

•

BETÃO ARMADO E PRE-ESFORÇADO

•

CARPINTARIA MECÂNICA

•

TRABALHOS DE PINTURA E ESTUQUES

Telefones:

P. P. C. A. 56 00 51

End. Telegráfico: «CONSTRUÇÃO»

DEPÓSITO DE MATERIAIS:

Estrada de Moscavide, 17-19

Telefone 31 20 00

LISBOA

Endereço no PORTO

Rua Casal do Pedro, 7 (Massarelos (Telefone: 69 12 45

SOCIEDADE INDUSTRIAL METALURGICA

Responsabilidade Limitada

(REGISTADO)

■ ■ ■

SERRALHARIAS,

CALDEIRARIA,

FERRARIA,

FUNDIÇÕES

■ ■ ■

ESCRITÓRIO

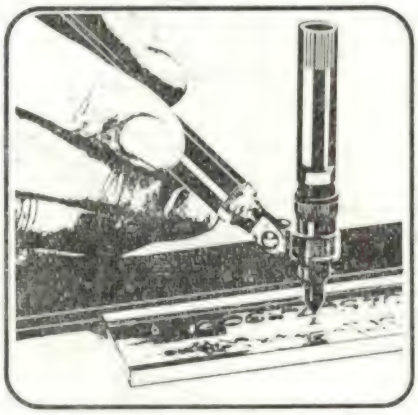
Rua de S. Tiago, 13

LISBOA

Telefone 86 19 72

Fará tudo isto com a nova micronorm da rotring

Traçará conforme as normas



Legendará conforme as normas

Desenhos feitos em vários formatos diferentes poderão ter, depois de ampliados a partir de microfilmagens, a mesma escala e espessuras de traço rigorosamente idênticas. Porquê? Porque as larguras de traço micronorm têm entre elas a relação 1: √2 aquela que há entre os vários formatos de papel normalizado para desenho.

Corresponderá a todas as exigências da microfilmagem

Doravante poderá utilizar um só sistema rotring para traçar e legendar: o micronorm. Corresponde às novas normas alemãs DIN 15, 16 e 17, alínea preferencial 1, e conjuntamente com os escantilhões micronorm representa uma orientação para o futuro, por tomar em consideração a microfilmagem de desenhos.

Além disso, micronorm dá-lhe todas as garantias, como qualquer outro produto rotring: conformidade absoluta com as normas, nitidez rigorosa das linhas, ponteiras de duração longa, tubo de escrita rebaixado evitando que a tinta alastre por baixo das réguas, ponteiras permutáveis, sempre prontas para usar (vedação hermética das tampas).

rotring facilita o desenho

À venda nas casas da especialidade

B-41

FUNDAMENTOS DE RADIOCOMUNICAÇÕES

pelo Prof. Abreu Faro

Preço 30$00

GUIA DE ANÁLISE QUIMICA DAS ÁGUAS

Pelo Prof. Herculano de Carvalho

Preço 90$00

CALCULO DE PORTICOS

por G. Kani

Preço 50$00

DICIONÁRIO DE UNIDADES E TABELAS DE CONVERSÃO

pelo Eng.º Vasco Costa e Osvaldo Francês

Preço 35$00

Pedidos à "Técnica"

Desconto: 10 % aos assinantes

terminando por descrever as vantagens de uma comparação técnica-económica de duas máquinas aparentemente iguais.

C. D. U. 621.315.004.6

Envelhecimento tecnológico e suas causas — *H. Duarte Ramos.*

Electricidade, 5-6-970, vol. XVI, n.º 65, pág. 173-178.

Definem-se as noções de sobrevivência e duração de vida aplicados ao homem e à técnica e apresentam-se os factores principais, que contribuem para os envelhecimentos térmico, eléctrico e mecânico.

C. D. U. 621.316.364

COMBIFLEX, un nouveau système modulaire d'assemblage et de raccordement des éléments d'un équipement électrique — *Andreassen, P. et Johansson, A..*

ASEA-Revue 42 (1970): 2, p. 27-32.

Relatório relativo ao novo sistema de montagem e construção COMBIFLEX preparado pela ASEA para a montagem de complementos e elementos electrónicos e electromecânicos com vista a formar equipamentos completos de comando, regulação, proteção, etc.

C. D. U. 621.317.2

Installation d'essais pour courants alternatifs de forte intensité allant jusqu'à 40 000 A — *Spinnler Kurt.*

Rev. Brown Boveri, t. 56 (1969), n.º 6, p. 276 a 279.

O autor descreve uma nova plataforma construída em Baden em 1968, para o ensaio de aparelhos ou partes de instalações devendo suportar correntes de muito forte intensidade.

C. D. U. 621.914 37-503.55

Equipement de commande pour usinage continu destiné aux machines à fraiser des cames à coordonnées polaires — *Tschumi Johannes, Fend Albert.*

Rev. Brown Boveri, t. (1969), n.º 4, p. 186 a 191.

Os autores dão indicações sobre a estrutura do equipamento, o seu funcionamento, os principais elementos constituintes assim como sobre os problemas de geometria e sobre a programação.

C. D. U. 621 744

A aplicação do processo auto-secativo — *E. Parkes.*

Fundição — Revista APF, n.º 43, 1970, pág. 13.

O autor desta comunicação ao 3.º Congresso Nacional de Fundição descreve algumas condições essenciais para a boa utilização do processo auto-secativo.

C. D. U. 621.825.004.74

Résultats d'essais de démontage hydraulique des grosses brides d' accouplement emmanchées à chaud — *Chrobot Bogumil.*

Rev. Brown Boveri, t. 56 (1969), n.º 4, p. 195 a 200.

A desmontagem hidráulica de flanges de acoplamento, chumaceiras, polias, e outros elementos de máquinas é conhecida há anos. Mas com as grandes flanges de acoplamento, pesando algumas toneladas aparecem problemas que exigem um estudo experimental para se esclarecerem. Descobriu-se que era possível, também no caso de grandes flanges de acoplamento, colocadas a quente, proceder a várias montagens e desmontagens sucessivas.

C. D. U. 621.914.37-503.55

Machine à fraiser selon trois coordonnées avec système de commande numérique pour usinage continu NC 810 — *Stahl Jürgen.*

Rev. Brown Boveri, t. 56 (1969), n.º 4, p. 192 a 194.

O artigo presente descreve brevemente a estrutura e as características desta fresadora e do sistema de comando, indica os modos de funcionamento possíveis, e dá finalmente algumas indicações sobre a programação de trabalhos sobre máquinas fresadoras.

C. D. U. 624.012.4

Vibration, ségrégation et ségrégabilité des bétons — *G. Dreux et F. Gorisse.*

Annalles de L'Institut Tecnique du Batiment, 1-970, n.º 265, pág. 38-86.

Tem-se podido definir um índice de segregação que permite medir a segregação comprovada num betão. A medida deste índice tem permitido estudar experimentalmente este fenómeno em função de diversos parâmetros: factores de composição do betão, dosagem de água, amassadura, transporte, vibração, etc. Um grande número de provas efectuadas têm permitido definir uma regra experimental de cálculo do tempo de vibração das provetas, e esta regra tem podido ser ajustada de tal modo que por extrapolação se chegue a tempos normais de vibração em obra.

C. D. U. 624.057

Constructions Industrialisées de la Societé de Grands Travaux de l'Est — *Geudé, M.*

Annls. Inst. tech. Batim. 22 (262), Out. 1969, pág. 1572-1590.

As necessidades cada vez maiores no domínio da habitação, os prazos de entrega cada vez mais curtos, os programas de várias centenas, até mesmo milhares de habitações, conduziram a Sociedade dos Grandes Trabalhos de Este a conceber um processo de pré-fabricação tridimensional pesada, que permite uma industrialização muito desenvolvida da construção de edifícios para habitação. Através de uma operação realizada em Stains (Seine Saint-Denis) e cuja análise é objecto do presente artigo, é possível dar-se conta da rapidez da execução e da maleabilidade deste processo, que permitiu a construção de perto de 5000 habitações até hoje. Instrumento perfeitamente adaptado às necessidades actuais, o processo G. T. E. põe ao serviço dos Construtores e dos Arquitectos uma técnica provada que, aliada a uma organização racional

ENGIL

uma empresa que se afirma na qualidade do que realiza

CONSTRUÇÃO CIVIL E INDUSTRIAL PONTES SILOS

Representante para o Continente e Ultramar
do sistema de cofragem deslizante « Siemcrete IN » (Patente Siemens)

C. P. — CENTRO DE FORMAÇÃO DE PESSOAL DO ENTRONCAMENTO
Dormitório com 200 quartos

sociedade de construção civil sarl

AVENIDA ELIAS GARCIA, 162, 6.º • LISBOA 1

dos meios de produção, de «contrôle» e de montagem, permite respeitar os prazos impostos.

C. D. U. 624.131

Mesures des caractéristiques mecaniques des massies rocheux avec le dilatomètre Médératec — *E. Waschkowsky.*

Bulletin de Liaison des Laboratoires Routiers, 11-969, n.º 41, pág. 26.

Este aparelho foi tornado operacional para estudo das rochas tenras e heterogéneas. O artigo faz uma descrição do aparelho e na fig. 1 mostra o aparelho na execução dum furo; na fig. 3 mostra-se o dilatómetro e acessórios.

C. D. U. 627.825 (73)

L'amenagement du Mon-Cenis. — *Lefevre, J.*

Annls. Inst. tech. Batim. 22 (262); Out. 1969 pág. 1503-1537.

O aproveitamento hidroeléctrico do vale superior do Arc (Maurienne) acaba de se concluir com a entrada ao serviço, muito recentemente, da central E. D. F. de Villarodin-Mont-Cenis, com uma potência de 380 MW. A barragem do Mont-Cenis, maciço de terra e de enrocamento com um volume de 14,7 milhões de m^3 que origina na cota 1974 uma albufeira de 320 Mm^3. Abordam-se os problemas relativos às escavações para o assentamento da barragem, à preparação das fundações, à produção e à aplicação dos materiais de aterro — As adutoras secundárias que captam todas as correntes afluentes do Arc Superior e participam numa proporção, 70%, no enchimento do reservatório do Mont-Cenis. Põem-se em evidência as características de 15 tomadas de água e derivações tanto do ponto de vista de concepção como do ponto de vista de particularidades de execução. — Os métodos de desmonte utilizados para os 5 000 m de galerias inclinadas e os 1000 m de poços verticais, cuja execução foi necessária no plano dos trabalhos do Mont-Cenis. Estes poços e galerias inclinadas apresentam-se em condições extremamente variadas de declive, de secção, de natureza de terrenos e deram lugar a diversos métodos de execução cuja análise é feita no artigo.

C. D. U. 627.825 (73)

Morrow Point power plant and dam construction — *Seery, J. D.*

Proc. Am. Soc. civ. Engrs. (New York) 93 (CO1): Março 1967; pág. 47-58.

A construção da barragem de betão, em arco de pequena espessura, de Morrow Point e da respectiva central subterrânea encontra-se em andamento no escarpado Black Canyon do rio Gunnison. As escavações subterrâneas e a céu aberto em rocha exigiram uma prolongada estabilização. As técnicas de desmonte a fogo das paredes lisas da periferia tiveram como resultado a abertura na rocha de degraus uniformes e estáveis com possibilidades reduzidas de desprendimentos. Está a ser melhorada a simetria dos alinhamentos e a configuração das escavações subterrâneas. Verificou-se um trabalho de equipa entre o engenheiro e o geólogo para analisar e prescrever a perfuração e a forma de desmonte nas bancadas alternadamente irregulares e lenticulares de rocha de variável dureza e resistência. Parafusos de rocha foram usados intensamente em escavações a céu aberto e como meio de suporte do tecto em escavações subterrâneas. No coroamento da câmara da central eléctrica nenhuma rocha foi deixada sem apoio mais do que 12 horas depois do desmonte. Instrumentos apropriados fornecem informações essenciais relativas aos movimentos e reacções das rochas nas escavações subterrâneas.

C. D. U. 669.131.6 : 620.179.1 : 621.74

Determinação expedita do carbono equivalente — sua aplicação industrial aos ferros fundidos hipoeutéticos — *Remberto Pena e Queirós Abreu.*

Fundição — Revista APF, n.º 42, 1970, pág. 13.

Os autores descrevem os ensaios à escala piloto realizados no Núcleo de Metalurgia do INII com um aparelho para a determinação rápida do carbono equivalente por análise térmica. Referem-se depois à aplicação industrial do mesmo aparelho nas fundições da Oliva, comparando os resultados com os obtidos por análise química clássica.

C. D. U. 669.131 : 621.74

Considerações sobre os diferentes processos de fabrico do ferro fundido de grafite esferoidal, as dificuldades de fabricação e o controlo — *J. Van Eeghem.*

Fundição — Revista APF, n.º 43, 1970, pág. 19.

Estudam-se os diferentes processos de fabrico do ferro fundido de grafite esferoidal, dito ferro nodular, com relevância para a apresentação dos seguintes capítulos: princípios de base, ligas para nodularização, processos industriais, dificuldades de produção, meios de controlo de nodularidade.

C. D. U. 669.131.8 : 621.74

Ferro maleável perlítico — *Jorge Vasconcelos.*

Fundição — Revista APF, n.º 39, 1970, pág. 13.

Após breve introdução à metalurgia de ferro maleável perlítico, são esquemàticamente indicados alguns processos de fabrico deste material.

É apresentado o processo de tratamento por reaquecimento de maleável perlítico, sendo reportados alguns dos ensaios inicialmente realizados para obtenção deste material, apresentando diagrama dos resultados mecânicos obtidos.

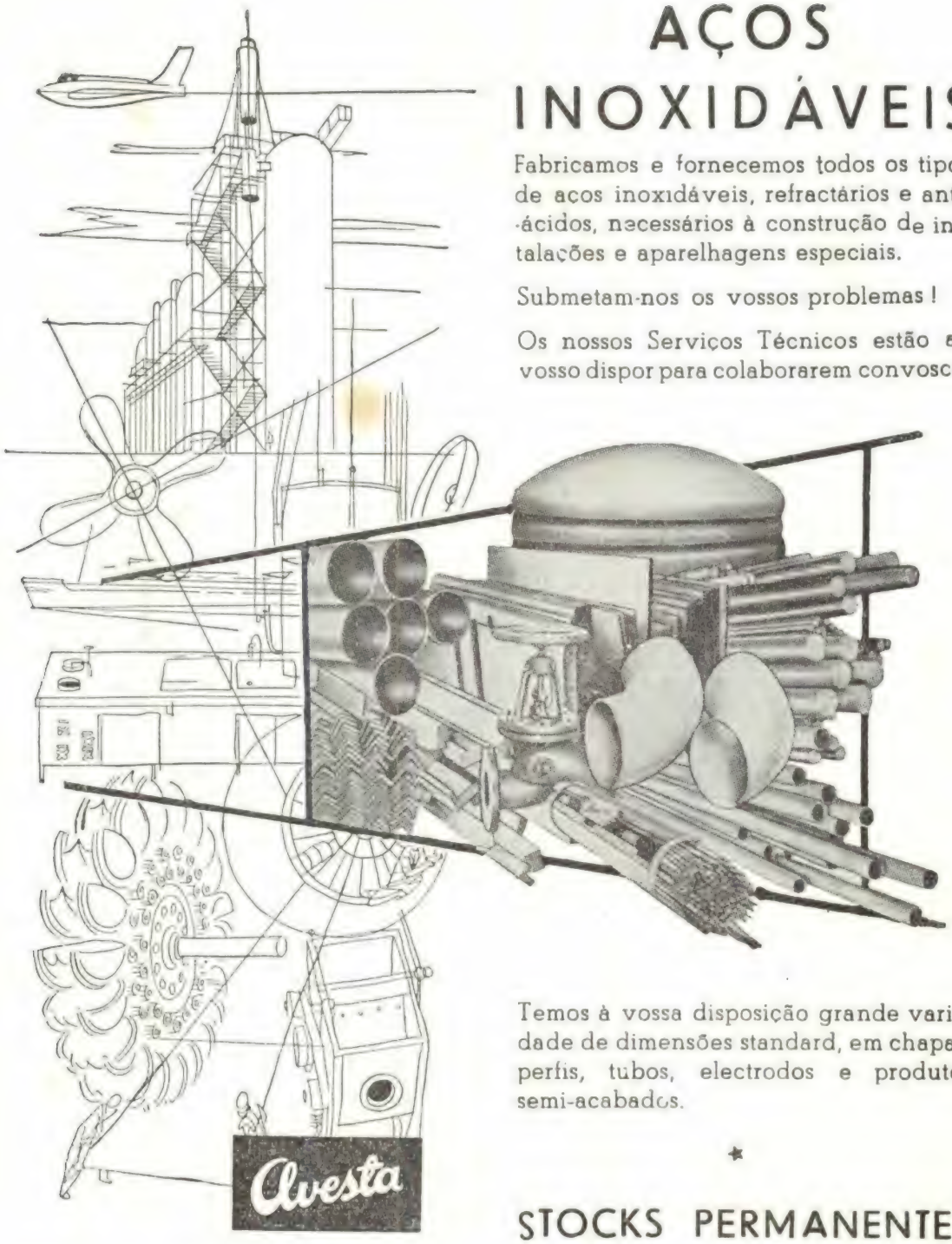
O autor apresenta três casos concretos de produção de ferro maleável perlítico obedecendo a três tipos diferentes de especificações.

AÇOS INOXIDÁVEIS

Fabricamos e fornecemos todos os tipos de aços inoxidáveis, refractários e anti-ácidos, necessários à construção de instalações e aparelhagens especiais.

Submetam-nos os vossos problemas!

Os nossos Serviços Técnicos estão ao vosso dispor para colaborarem convosco



Temos à vossa disposição grande variedade de dimensões standard, em chapas, perfis, tubos, electrodos e produtos semi-acabados.

★

STOCKS PERMANENTES

AVESTA JERNVERKS AKTIEBOLAG
AVESTA — SUÉCIA

Representantes Exclusivos para Portugal e Ultramar:

A. JOHNSON & Co (PORTUGAL), L.DA

SEDE EM LISBOA:
Praça José Fontana, 11-1.º
Telef. 537015-537016-537017-537018

FILIAL NO PORTO:
R. Dr. António Granjo, 160/168
Telef. 54666

Conclui-se que a reprodutibilidade, facilidade de ajuste a variadas especificações e extensa gama de propriedades mecânicas conferem a este material uma extrema versatilidade de aplicação.

C. D. U. 669.293 : 620.1

Revelação de deslocamentos em nióbio pelo método das figuras de ataque — *J. M. Cunha Monteiro e H. Carvalhinhos.*

Publicações do Laboratório de Física e Engenharia Nucleares, 1969, n.º 99.

Estuda-se o efeito de temperatura e do tempo na velocidade de diminuição da densidade de deslocamentos em Nitrato deformado a frio, estabelecendo-se uma técnica de revelação dos deslocamentos por dissolução electrolítica. Verificou-se a influência da orientação dos grãos nas condições de revelação e definiram-se as condições de preparação dos provetes para o obtenção da máxima informação possível sobre a densidade e distribuição dos deslocamentos. A publicação inclui várias fotografias esclarecedoras.

C. D. U. 669.35 : 621.74

Ligas de cobre — resistência à corrosão pelos ácidos — *C. T. I. F.*

Fundicão — Revista APF, n.º 42, 1970, pág 33.

Examinam-se os tipos de ligas de cobre especialmente adequados para resistirem ao ataque pelos ácidos acético, fluorídrico e sulfúrico.

C. D. U. 669.337.12 - 661.25

Uma nueva planta integrada de producción de cobre electrolítico y de acido sulfurico — *F. Luzón.*

Revista de Metalurgia, 11-12-69, vol. 5, n.º 6, pág. 697-705.

A Companhia Rio Tinto está desenvolvendo um amplo grograma de investigação minero-metalúrgica, sendo uma das realizações a construção em Huelva de uma instalação metalúrgica para a produção de 55 000 t/ano de cobre electrolítico, obtendo-se como subproduto a partir dos gases residuais da fundição, umas 200 000 t/ano de ácido sulfúrico com 98 %. Faz-se neste trabalho a descrição da instalação e de processo adoptado.

C. D. U. 681.624.4.066.13

Nouveau dispositif maintenant constante la tension du papier dans une rotative d'imprimerie — *Spiegelberg Felix Alzinger Erwin.*

Rev. Brown Boveri, t. 56, (1969), n.º 4, p. 180 à 185;

Depois de recordarem os principais dispositivos de regulamento equipando as rotativas empregadas para a impressão em massa de jornais diários, os autores descrevem um dispositivo electrónico que permite melhorar a precisão do regulamento da tensão do papel.

C. D. U. 669.341.1.054.82

Contribución al estudio del equilibrio metal-escoria en el afino térmico del cobre — *F. Oprea e P. Moldovany.*

Revista de Metalúrgia, 11-12-969, vol. 5, n.º 6, pág. 688-696.

Apresenta-se um estudo físico-químico do processo de refinação térmica do cobre. Determinam-se experimentalmente os coeficiente de repartição das impurezas Pb e Fe a 1250 — 1280° C no sistema heterogéneo bifásico metal líquido-escória liquida, chegando-se à conclusão de que são função da temperatura e da composição das fases.

A partir dos dados experimentais obtidos estabelecem-se as equações que dão o coeficiente de repartição L em função do conteúdo de impurezas x no tempo t. Por último estabelecem-se as condições óptimas de trabalho, que asseguram uma eliminação mais completa de impurezas.

C. D. U. 669.35 + 620.172 : 621.74

Características mecânicas dos bronzes em provetes vazados àparte e em peças fundidas — *Adolfo Dá Mesquita.*

Fundição — Revista APF, n.º 41, 1970, pág. 13.

É de todo o interesse conhecer em que medida as características mecânicas de bronzes, obtidas em provetes vazados àparte, representam as verdadeiras características das peças fundidas.

O autor, baseando-se num caso prático, contribui para o esclarecimento do problema e chama a atenção para a colaboração estreita que deve existir entre o cliente e o fundidor e para os prejuízos que podem resultar, para ambas as partes, quando a recepção das peças é feita apenas com base nas características mecânicas fornecidas pelos provetes.

C. D. U. 691.41

La terre armé — Réalisations récents — *Vidal H.*

Annls. Inst. Tech Batim., Jul-Ag. 1969, 22 (259-260): 1100-1155.

A terra armada é um material simples porque compreende só dois elementos, terra e armaduras, enquanto que o betão armado ou o betão pré-esforçado são compostos de três elementos · terra, cimento e armaduras. E, não obstante, ele é tão resistente como estes materiais clássicos. A teoria completa desta associação de terra e armaduras, que se assemelha à do betão armado, foi concebida pelo Senhor Vidal. As qualidades da terra armada são: a sua flexibilidade, que permite utilizá-la em maus terrenos de fundação, a sua enorme rapidez de aplicação, o seu carácter compacto que interessa em especial aos arquitectos, e finalmente, o seu baixo preço. Um grande número de obras de terra armada custam, com efeito, metade das obras clássicas. A terra armada tornou-se agora operacional. Realizaram-se já um certo número de obras importantes; por exemplo, grandes muros de auto-estrada que atingem 22 metros de altura na auto-estrada Nice-Menton, muros de cais em águas profundas, revestimentos, etc. Pode notar-se que não há qualquer limite de altura para as construções de terra armada.

O Novo Taquímetro-redutor "DAHLTA 010" de

VEB CARL ZEISS DE JENA

PRINCÍPIO FUNDAMENTAL:

Determinação de distâncias reduzidas automàticamente ao plano horizontal, e desníveis com a ajuda de linhas de diagramas no plano de imagens

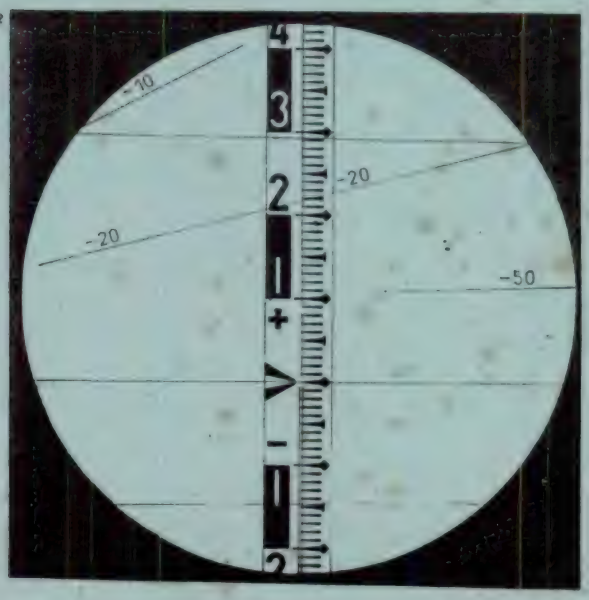
PRECISÃO:

Medição de distâncias para 100 m

constante 100	± 0,10 m
constante 200	± 0,20 m

Medição de alturas para 100 m

constante 10	± 0,03 m
constante 20	± 0,05 m
constante 50	± 0,10 m
constante 100	± 0,15 m



REPRESENTANTES EXCLUSIVOS:

CENTRO TÉCNICO HOSPITALAR, S.A.R.L.

DIVISÃO ZEISS TELEF. 77 81 66/7

AV. DA REPÚBLICA, 84 LISBOA 1

Empreza de Cimentos de Leiria, S.A.R.L.

BETÃO PRONTO LIZ

3 CENTRAIS EM LISBOA

1 CENTRAL NO PORTO

40 CAMIÕES - BETONEIRAS

CONTROLE LABORATORIAL

CAPACIDADE DE PRODUÇÃO: 230 M3 HORA

ENCOMENDAS:

LISBOA — Tel. 31 30 31/32 - 31 71 21 - 31 70 61 - 31 17 96

PORTO — Tel. 95 13 23/24

PORTUGAL

SÍMBOLO DE QUALIDADE

LISTA CLASSIFICADA DE ANÚNCIOS

Neste número continua a «Técnica» a sua secção de publicidade — a *lista classificada de anúncios* — destinada a facilitar a procura por parte dos clientes.

Estas páginas amarelas ficam abertas aos nossos leitores, que nelas podem anunciar a sua firma e endereço, ao preço de 50$00 por número. Quanto aos nossos anunciantes, é com muito gosto que lhes concedemos grátis a inscrição na lista.

CONSTRUÇÃO CIVIL

CONSTRUTORES CIVIS

— **ENGIL**
Av. Elias Garcia, 162-6.° Tel. 76 51 10/17

— **Construções Técnicas, Lda.**
P. do Município, 13-3.° — Tel. 36 65 06

— **Fundações Franki, Ltd.**
R. Braamcamp, 13-3.° — Lisboa — Tel. 53 41 12.

— **Soc. Const. Amadeu Gaudencio, Ld.ª**
R. Dr. Alexandre Braga, 4-A — Lisboa
Telef. 4 31 91 — 92 — 93.

— **Soc. de Pré-Fabricação e Obras Gerais Novobra**
Av. Estados Unidos da América, 100-5.° D
Telef. 77 48 32 / 76 64 46 — Lisboa 5

ESCAVADORAS E TRACTORES

— **Guedes & Almeida**
Rua Aurea, 181-2.°— Tel. 32 78 45 — Lisboa 2

FUNDAÇÕES

— **ENGIL**
Av. Elias Garcia, 162-6.° Tel. 76 51 10/17

— **Construções Técnicas, Lda.**
Pr. do Município, 13-3.° — Tel. 36 65 06

— **Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ld.ª**
Av. da República, 42-8.°
Telef. 77 70 86/7 e 77 12 65 — Lisboa

— **Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações**
R. S. Pedro de Alcantara, 1 — Tel. 32 46 93 e 21 32 56 — Lisboa — Luanda — Lourenço Marques — Beira.

— **Fundações Franki, Lda.**
R. Braamcamp, 13-3.° — Lisboa — Tel. 53 41 12.

— **Johann Keller**
Av. Costa Pinto, 8-1.° Esq. - Cascais - Tel. 28 44 21

— **Sondagens e Fundações, A. Cavaco, Lda.**
R. Rodrigo da Fonseca, 62-r/c — Lisboa 1
Tel. 56 11 71/72/73.

— **Sondagens Ródio**
Rua de S. Bento, 644-3.° — Lisboa
Tel. 68 80 96/7/8

— **Sopecate**
R. do Arsenal, 146, 2.° — Lisboa.
Tel. 3 40 10 - 32 02 08

IMPERMEABILIZAÇÃO

— **ISOLA**
Avenida António Augusto de Aguiar, 17-2.°
Tef. 53 71 91 — Lisboa

— **Empresa de Produtos Asfálticos**
R. Filipe Folque, 10-1.° — Lisboa — Tel. 73 01 56.

INSTRUMENTOS DE PRECISÃO

— **Centro Técnico Hospitalar — Divisão Zeiss**
Av. da República, 84 — Tels. 77 81 66/7 — Lisboa

— **Wild Portugal, Ld.ª**
Praça das Águas Livres, 8, s/l 6 — Lisboa 2 — Tel. 68 91 12.

ISOLAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO

ISOLA
Avenida António Augusto de Aguiar, 17-2.°
Tel- 53 71 91 — Lisboa.

— **SETH, Ld.ª**
R. Filipe Folque, 10-1.° — Lisboa — Tel. 73 01 56

SONDAGENS

— **Construções Técnicas, Lda.**
Pr. do Município, 13-3.° — Tel. 36 65 06

— **Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ld.ª**
Avenida da República, 42-8.°
Telef. 77 70 86/7 e 77 12 65 — Lisboa

— **Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações**
R. S. Pedro de Alcântara, 1 — Tel. 32 46 93 e 21 13 56 — Lisboa — Luanda — Lourenço Marques — Beira.

— **Fundações Franki, Lda.**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 53 41 12

— **Johann Keller**
Av. Costa Pinto, 8-1.º Esq. - Cascais - Tel. 28 44 21

— **Sondagens e Fundações, A. Cavaco, Lda.**
R. Rodrigo da Fonseca, 62-r/c — Lisboa 1
Tel. 56 11 71/72/73.

— **Sondagens Ródio, Ld.ª**
Rua de S. Bento, 664-3.º — Lisboa
Tel. 68 80 96/7/8.

— **Sopecate**
R. do Arsenal, 146-2.º — Lisboa.
Tel. 3 40 10 — 32 02 08

CONSTRUÇÕES METALO-MECANICAS

CONSTRUTORES METALO-MECANICOS

— **Atlas-Copco**
— Lisboa — Porto — Vila Viçosa

— **COMETNA** — R. Academia de Ciências, 15 — — Lisboa — Tel. 32 00 01

— **Construções Metalo-mecânicas MAGUE Ld.ª** — Alverca

— **Mendes de Almeida, Lda.**
Av. 24 de Julho, 52-A-G — Telef. 66 67 10 — Lisboa

— **Sociedade Industrial Metalúrgica**
R. de S. Tiago, 1

EQUIPAMENTO ELECTRICO

— **Construções Elétricas Schréder, Ltd.**
Pr. José Fontana, 25-3.º E. — Tel. 56 10 01/2/3 — Lx.

— **Electrotécnicos Reunidos**
Avenida João XXI, 64 — Lisboa.

— **J. F. de Azevedo e Silva & C.ª, Ld.ª**
Rua S. Francisco Sales, 2, 1.º — Tel. 65 41 65
Lisboa.

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

— **Plessey Automática Eléctrica Portuguesa**
Avenida Infante D. Henrique, 333 — Lisboa.

— **Philips**
Rua Joaquim António de Aguiar, 66 — Lisboa
Telef. 68 31 21

— **Siemens — Companhia de Electricidade**
Avenida Almirante Reis, 65
Telef. 53 69 21/0 — Lisboa

— **Soc. de Elec. Brown Boveri**
R. Sá da Bandeira, 481-2.º — Tel. 2 34 11 — Porto

— **SEPSA - Sociedade Construções Electro-Mecânicas**
Leça do Balio

— **União Eléctrica Portuguesa**
R. Alexandre Herculano, 244 — Porto:
Tel. 2 76 76/9
R. Rosa Araújo, 35 — Lisboa — Tel. 53 11 81/7

DISTRIBUIÇAO DE ENERGIA

— **União Eléctrica Portuguesa**
R. Alexandre Herculano, 244 — Porto
Tel. 2 76 76/9
R. Rosa Araújo, 35 — Lisboa — Tel. 53 11 81/7

BATERIAS

— **Tudor**
Av. Fontes Pereira de Melo, 12 — Lisboa
Tel. 5 19 47

ELÉCTRODOS

— **Electro-Arco, Ld.ª**
R. Silva Carvalho, 220 — Lisboa — Tel. 68 36 46
R. do Bolhão, 216 — Porto — Tel. 2 12 77.

INSTALAÇÕES

— **Construções Eléctricas Schréder, Ltd.ª**
Pr. José Fontana, 25-3.º E. — Tel. 56 10 01/2/3 — Lx.

— **Isolux, Lda.**
Largo do Campo Pequeno, 21, 4.º Esq.
Telef. 77 00 30/8/9 — Lisboa
Rua Dr. Alfredo Magalhães, 110, 2.º D.
Telef. 2 07 23 — Porto

— **J. F. de Azevedo e Silva & C.ª, Ld.ª**
Rua S. Francisco Sales, 2, 1.º — Tel. 65 41 65
— Lisboa.

— **J. Roma**
Praça da Figueira, 86/51/2/3 — Lx.

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

— **Siemens — Companhia de Electricidade**
Avenida Almirante Reis, 65
Telef. 65 41 65 — Lisboa.

— **SEPSA - Sociedade Construções Electro-Mecânicas**
Leça do Balio

— **Standard Electrica**
Av. da Índia — Tel. 63 81 71 — Lx.

ISOLAMENTOS

— **Empresa Electro-Cerâmica, S.A.R.L.**
L. Barão de Quintela.

SOLDADURAS

— **Electro Arco**
R. Silva Carvalho, 239 — Lisboa
R. do Bolhão, 216 — Porto

— **J. Roma**
Praça da Figueira, 86/51/2/3 — Lx.

TELECOMUNICAÇOES

— **Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos, S.A.R.L.**
R. Rodrigo da Fonseca, 110, r/c — Lisboa — Tel. 68 60 72.
R. Sá da Bandeira, 766-1.º E — Porto — Tel. 2 48 18

— **Standard Electrica**
Av. Índia — Tel. 63 81 71 — Lx.

— **Philips**
Rua Joaquim António de Aguiar, 66 — Lisboa
Tel. 68 31 21

— **Plessey Automátice Eléctrica Portuguesa**
Avenida Infante D. Henrique, 333 — Lisboa.

EQUIPAMENTO INDUSTRIAL

— **Atlas-Copco**
Lisboa — Porto — Vila Viçosa

— **Bayer Portugal S. A. R. L.**
Apartado 2365 — Lisboa.
Apartudo 40 — Porto.

— **COMETNA**
R. Academia de Ciências, 5 — Tel. 32 00 11

— **Construções Metalo-Mecânicas Mague, Lda.**
Alverca do Ribatejo

— **DEMAG — Soc. Comercial Romar**
Trav. da Galé, 9 — Tel. 63 56 70 — Lisboa.
Santa Iria de Azoia

— **Guedes & Almeida, Lda,**
R. Aurea, 181-2.º — Tel. 32 78 45 — Lisboa

— **Kendal, Pinto Basto & C.ª Lda.**
Rua Nova da Alfandega, 7-12 — —Porto.

— **Mendes de Almeida, Lda.**
Av. 24 de Julho, 52-A-G — Tel. 66 67 10 — Lisboa

CORRENTES

— **Auto-Lusitana**
Av. da Liberdade, 73-79 — Lisboa

— **Harker Sumner**
L. do Corpo Santo, 18
Tel. 32 48 23 — Lisboa.

— **S. K. F.**
Rua da Alegria, 65-A — Lisboa
Tel. 36 23 01

INDÚSTRIAS QUÍMICAS

— **Bayer Portugal, S. A. R. L.**
Apartado, 2365 — Lisboa.
Apartado 40 — Porto.

— **Mobil Oil**
Rua Horta Seca, 15 — Lisboa
Tel. 3 01 81

— **Hoechst Portuguesa**
Avenida Sidonio Pais, 379 — Tel. 6 70 51 — Porto
Av. Duque de Avila, 169-1.º — Tel. 4 51 44 — Lx.

FELTROS

— **FANAFEL — Fábrica Nacional de Feltros Industriais**
Estrada de S. João — Ovar

TEXTEIS

— **FANAFEL — Fábrica Nacional de Feltros Industriais, Ld.ª**
Estrada de S. João — Ovar.

TINTAS

— **Mendes de Almeida, Lda.**
Av. de 24 de Julho, 52-A-G
Telef. 66 67 16 — Lisboa

LIVROS TÉCNICOS

— **TÉCNICA**
Avenida Rovisco Pais — Lisboa
Tel. 77 54 49

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

AÇOS ESPECIAIS

— **A. Johnson & C.ª (Portugal), Ld.ª**
P. José Fontana, 11-1.º — Lisboa — Tel. 53 70 15/6/7/8.
R. Dr. António Granjo, 160/168-Porto-Tel. 5 46 69

— **Heliaço**
R. S. Julião, 41-4.º — Tel. 36 78 17 — Lisboa.

BETÃO

— **Empresa Cimentos de Leiria**
R. Braamcamp, 7 — Lisboa. — Tel. 5 91 61/66.

— **Heliaço**
R. S. Julião, 41-4.º — Tel. 36 78 17 — Lisboa.

— **Sociedade Portuguesa CAVAN**
R. de D. Estefânia, 94-A — Lisboa — Tel. 4 78 12 e 5 01 29.

CIMENTOS

— **AGUIAR E MELO, LDA.**
Praça do Município, 13-1.º — Tel. 32 11 51/2 Lx.

— **CIBRA — Cimentos Brancos**
Tv. do Corpo Santo, 15 — Lisboa — Tel. 32 04 64
R. do Bonjardim, 205 — Porto — Tel. 2 57 79.

— **CIMIANTO**
Av. Fontes Pereira de Melo, 14 — Tel. 53 11 61

— **Empresa de Cimentos de Leiria**
R. Braamcamp, 7 — Lisboa — Tel. 5 91 61/66.

— **Secil**
R. do Comércio, 156 — Lisboa 2 — Tel 32 82 01/2/3

MATERIAIS PRÉ ESFORÇADOS

— **CIMIANTO**
Av. Fontes Pereira de Melo, 14 — Tel. 53 11 61

— **Soc. de Pré-fabricação e Obras Gerais Novobra, Ld.ª**
Av. E. U. da América, 100-5.º-E.
Tel. 77 48 32/ 76 64 46 — Lisboa.

ARTIGOS DE ESCRITÓRIO E ESCOLAR

MATERIAL DE DESENHO E TOPOGRÁFICO

— **Centro Técnico Hospitalar -Divisão Zeiss**
Av. da República, 84 — Lisboa
Tel. 77 81 66/67

— **Rotring**
Representante: Artur Westheimer, Lda.
Rua Maria aos Anjos, 48-r/c. — Lisboa 1

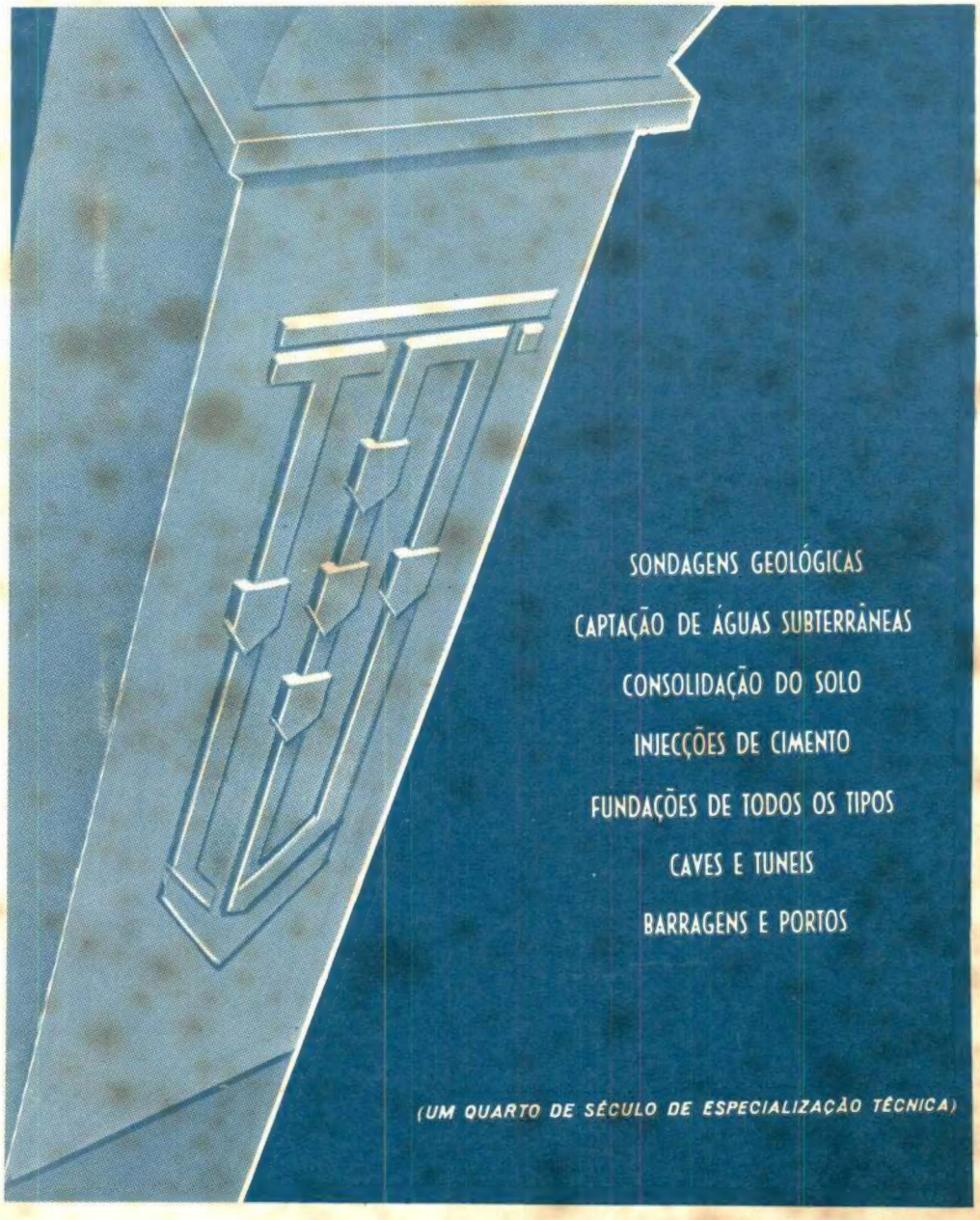
— **Wild Portugal**
Praça das Águas Livres, 8-s/l.
Tel. 98 91 12 — Lisboa.

Empresa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

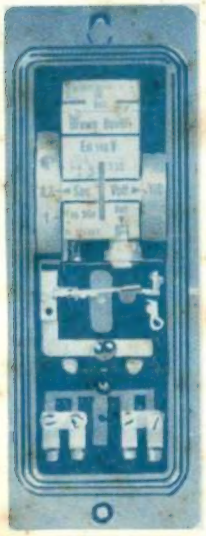
AV. DA REPÚBLICA, 42, 8.º
TELEFS. 77 70 86/7 e 77 12 65

LISBOA



Protegei as vossas máquinas, aparelhos, e instalações, dos perigos externos e internos utilizando relés

BROWN BOVERI



Sobretensão

Sobrecarga curto-circuito

Sobrecarga térmico

Sobrecarga instantâneo

Frequência

Cargas assimétricas

Diferencial

Terra

Os nossos Serviços Técnicos podem auxiliar a resolver os vossos problemas sobre protecções.